



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volumen I

Memoria – Presupuesto

“DIMENSIONADO DE LOS SISTEMAS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR BASADA EN EL AUTOCONSUMO”

TFG presentado para optar al título de GRADO en
INGENIERÍA ENERGÉTICA

por **Bernat Dolz Ripollés**

Barcelona, 8 de Junio de 2016

Director: José López López

Departamento de Física (DF)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDICE

RESUMEN	4
RESUM	4
ABSTRACT	4
1. OBJETO DEL PROYECTO	6
2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO	7
3. NORMAS Y REGLAMENTOS	8
4. EMPLAZAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS	9
4.1. EMPLAZAMIENTO	9
4.2. CARACTERÍSTICAS	10
5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	11
6. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	12
6.1. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA INSTALADA	12
6.2. TENSIÓN NOMINAL DE FUNCIONAMIENTO	13
6.3. CONSUMO EN AH DEL EDIFICIO	13
6.4. PÉRDIDAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	14
6.5. INCLINACIÓN ÓPTIMA DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	14
6.6. RADIACIÓN DIARIA	15
6.7. ELECCIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO	16
6.8. SISTEMA DE BATERÍAS	18
6.9. REGULADOR	19
6.10. INVERSOR	20
6.11. DIMENSIONADO DEL CABLEADO Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS	21
6.11.1. Cableado	21
6.11.2. Elementos de protección	23
6.11. RESUMEN DE RESULTADOS	26
7. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	27
7.1. DEMANDA DE ACS	27
7.2. RADIACIÓN SOLAR DISPONIBLE EN LOS CAPTADORES SOLARES	30
7.3. RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SOLAR	31
7.4. ENERGÍA ÚTIL ANUAL	34
7.6. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN	34
7.7. FRACCIÓN SOLAR, F_M	35

7.8 NÚMERO DE CAPTADORES SOLARES	38
7.9. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	39
7.10. BOMBA HIDRÁULICA	41
7.11. CAÑERÍAS	42
7.12. PÉRDIDAS DE CARGA	43
7.13. RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	45
8. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	45
8.1. RIESGO ESPECIAL INTRÍNSECO	46
8.2. DENSIDAD DE OCUPACIÓN	47
8.3. SALIDAS DE PLANTA Y RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	48
8.4. ELEMENTOS DE EVACUACIÓN	49
8.5. PROTECCIÓN DE LAS ESCALERAS	50
8.6. DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	50
8.7. RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	52
9. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	53
9.1. APARCAMIENTO	53
9.2. CUARTOS DE ASEO	58
9.2.1. Cuarto de aseo 1	58
9.2.2. Cuarto de aseo 2	63
9.3. ÁREA DE BATERÍAS	67
9.4. PLACETAS Y RECIBIDOR	72
9.4.1. Recibidor planta baja	72
9.4.2. Área de circulación de la primera planta	77
9.4.3. Área de circulación de la segunda planta.....	81
9.5. DORMITORIOS.....	86
9.5.1. Dormitorio 1	86
9.5.2. Dormitorio 2	91
9.5.3. Dormitorio 3	95
9.5.4. Dormitorio 4	100
9.6. SALA DE DESCANSO.....	104
9.7. COCINA.....	109
9.8. DESVÁN	113
9.9. TERRAZA	118

9.10. RESULTADOS OBTENIDOS	123
10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	124
10.1. INSTRUCCIONES GENERALES.....	126
10.1.1. Acometida	126
10.1.2. Caja General de Protección (CGP).....	126
10.1.3. Interruptor de Control de Potencia.....	127
10.1.4. Conductores	127
10.1.4. Tierra	127
10.2. INSTALACIONES RECEPTORAS DE FUERZA E ILUMINACIÓN	128
10.2.1. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos	131
10.2.2. Identificación de conductores.....	132
10.3. TOMA DE TIERRA.....	132
10.4. PROGRAMA DE NECESIDADES.....	132
10.5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	132
10.5.1. Cálculos de intensidades	132
10.5.2. Cálculo de secciones de cableado	133
10.5.3. Cálculo de los diámetros de los tubos protectores.....	134
10.5.4. Tensión nominal y caída de tensión	134
10.5.5. Cálculo de las protecciones de la instalación.....	134
10.6. RESULTADOS OBTENIDOS	135
10.6. PLIEGO DE CONDICIONES.....	137
10.6.1. Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)	137
11. PRESUPUESTO	145
11.1. COSTE DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN	145
11.2. COSTE DE LA INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	147
11.3. COSTE DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....	148
11.4. COSTE DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA Y ELÉCTRICA	149
11.5. COSTE DEL INGENIERO	150
11.6. RESUMEN PRESUPUESTO	151
11. CONCLUSIONES	152
12. BIBLIOGRAFÍA.....	154

RESUMEN

En el presente proyecto se han dimensionado algunas de las instalaciones que hay en una vivienda unifamiliar estándar. Los sistemas escogidos son los siguientes: la instalación solar fotovoltaica, la instalación solar térmica, la instalación de protección contra incendios, la instalación de iluminación y la instalación eléctrica. Por lo tanto, se ha dividido el proyecto en dos tipos de instalaciones: las instalaciones exteriores, que proveen de energía a la vivienda, y las instalaciones interiores, que consumen la energía o, en el caso de la instalación de protección contra incendios, protegen el edificio.

Además de estas instalaciones hay un apartado en el que se dimensiona el presupuesto para cada instalación, un presupuesto para el ingeniero junior y un presupuesto final. Este presupuesto se ha obtenido usando un programa online generador de precios.

Los resultados obtenidos se resumen en la instalación de 10 placas solares fotovoltaicas y 4 colectores solares térmicos, 4 extintores de polvo ABC (uno por planta), una renovación del sistema de iluminación, los sistemas de protección eléctrica correspondientes y un coste final de unos 43.000 €.

RESUM

En el present projecte s'han dimensionat algunes de les instal·lacions que hi ha en un habitatge unifamiliar estàndard. Els sistemes escollits són els següents: la instal·lació solar fotovoltaica, la instal·lació solar tèrmica, la instal·lació de protecció contra incendis, la instal·lació d'il·luminació i la instal·lació elèctrica. Per tant, s'ha dividit el projecte en dos tipus d'instal·lacions: les instal·lacions exteriors, que proveeixen d'energia a l'habitatge, i les instal·lacions interiors, que consumeixen l'energia o, en el cas de la instal·lació de protecció contra incendis, protegeixen l'edifici.

A més de les instal·lacions hi ha un apartat en el que es dimensiona el pressupost per a cada instal·lació, un pressupost per al enginyer junior i un pressupost final. Aquest pressupost s'ha obtingut utilitzant un programa online generador de preus.

Els resultats obtinguts es resumeixen en la instal·lació de 10 plaques solars fotovoltaiques i 4 col·lectors solars tèrmics, 4 extintors de pols ABC (un per planta), una renovació del sistema d'il·luminació, els sistemes de protecció elèctrica corresponents y un cost final d'uns 43.000 €.

ABSTRACT

In this project it has been dimensioned some of the installations that are in a standard house. The chosen systems are: solar photovoltaic installation, solar thermal installation, fire protection system, installation of lighting and electrical installation. Therefore, the project has been divided into two types of facilities: outdoor, which provide energy, and indoor facilities, which use energy or, in the fire installation system, protects the building.

Besides these facilities there is a section in the budget for each installation, a budget for the junior engineer and, also, a final budget is dimensioned. This budget it's been obtained by using an online program which generates prices.

The results obtained are summarized in 10 photovoltaic solar panels and 4 solar thermal collectors, 4 ABC power extinguishers (one per floor), a renewal of the lighting system, the corresponding electrical protection systems and a final cost of about € 43,000.

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es el diseño de algunas de las diferentes instalaciones necesarias en un edificio en concreto. En el caso que nos afecta, el edificio elegido es una vivienda unifamiliar localizada en Calle del Arco nº 23, en Todoella (12312), Castellón (Comunidad Valenciana), y el conjunto de instalaciones que hay que diseñar son: la de iluminación, la eléctrica, la de protección contra incendios y las instalaciones solar fotovoltaica y solar térmica.

Para alcanzar dicho objetivo se hace uso de diferentes herramientas de trabajo que simplifican la resolución del dimensionamiento y que se han proporcionado en la asignatura de Proyectos de Instalaciones. Algunas de estas herramientas son el DiaLUX para iluminación y el PVGIS para las instalaciones solares.

2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO

La vivienda unifamiliar se dimensionará para cubrir las necesidades de la familia que se pretende que viva en esta. Por lo tanto la actividad que se desarrollará en el recinto es de residencial vivienda.

Este proyecto implicará el redimensionamiento de las diferentes instalaciones que se vean afectadas por la normativa y se estudien en el presente trabajo. El proyecto realizado propone la mejora de las siguientes instalaciones: la de protección contra incendios y la de iluminación; y la instalación de un campo solar fotovoltaico y un campo solar térmico.

Para el dimensionamiento de los elementos de protección contra incendios (PCI) se seguirá el Documento Básico de Seguridad Contra Incendios del Código Técnico de Edificación (CTE DB SI). Siguiendo la normativa mencionada se dimensionarán los siguientes elementos: el número de extintores de polvo ABC y las salidas y recorridos de emergencia. El objetivo de este dimensionado es minimizar el riesgo de incendio y, en el caso de que se produzca, facilitar su extinción.

Para el diseño de la instalación de iluminación se ha tomado toda la superficie interior de la vivienda unifamiliar, con lo cual se pretende cubrir las necesidades de los posibles residentes en cada una de las diferentes zonas en las que se realizarán diferentes actividades. Al ser una vivienda unifamiliar se instalarán, principalmente, luminarias downlight empotradas en el techo del tipo LED, las cuales ofrecen reducciones en el consumo energético de entre un 50% y un 80% frente a los sistemas tradicionales, con lo cual también se contribuye a reducir las emisiones de CO₂ además de ahorrar en la factura eléctrica. Para la realización del diseño de la instalación de iluminación para cada sala se hará uso del programa DialUX, con el que se podrán realizar simulaciones en 3D además de los cálculos necesarios que permitirán comparar los resultados obtenidos con la normativa a aplicar.

El diseño de la instalación eléctrica se supone para el suministro a un único usuario. Por lo tanto se ha dimensionado la instalación de enlace, la previsión de cargas y la elección de la potencia a contratar para el suministro, la creación de la puesta a tierra de la instalación y el cableado y conexión de la instalación interior.

Las dos instalaciones solares, la fotovoltaica y la térmica, se han dimensionado siguiendo el consumo previsto según el contrato eléctrico de los futuros residentes y según la normativa. Las instalaciones están a las afueras del pueblo para no afectar la imagen del pueblo. Los campos se han dimensionados suponiendo el consumo durante el verano, pues se trata de una segunda residencia para esta época.

3. NORMAS Y REGLAMENTOS

- CTE DB SI – Código Técnico de Edificación. Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del 2006
- Normativa europea iluminación EN 12464-1 [11]. Luz y alumbrado o iluminación. Alumbrado de los puestos de trabajo.
- CTE DB SUA 2010. Documento básico: seguridad de utilización y accesibilidad. Se utilizará la Sección SUA 4: Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.
- Documento básico HE. Ahorro de energía.
- REBT- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- NPT- IEBT FECSA ENDESA

4. EMPLAZAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS

4.1. EMPLAZAMIENTO

La vivienda unifamiliar en cuestión se ubica en Todolella, comarca de Els Ports en la provincia de Castellón.



Figura 4.1. Mapa físico y de carreteras de la zona periférica a Todolella.

Se sitúa en la Calle del Arco nº 23. Al pueblo se accede por la carretera autonómica CV-120 y el pueblo consta de infraestructuras de provisión de agua y electricidad (aunque en el proyecto actual se propone una independencia de la red de agua y electricidad).

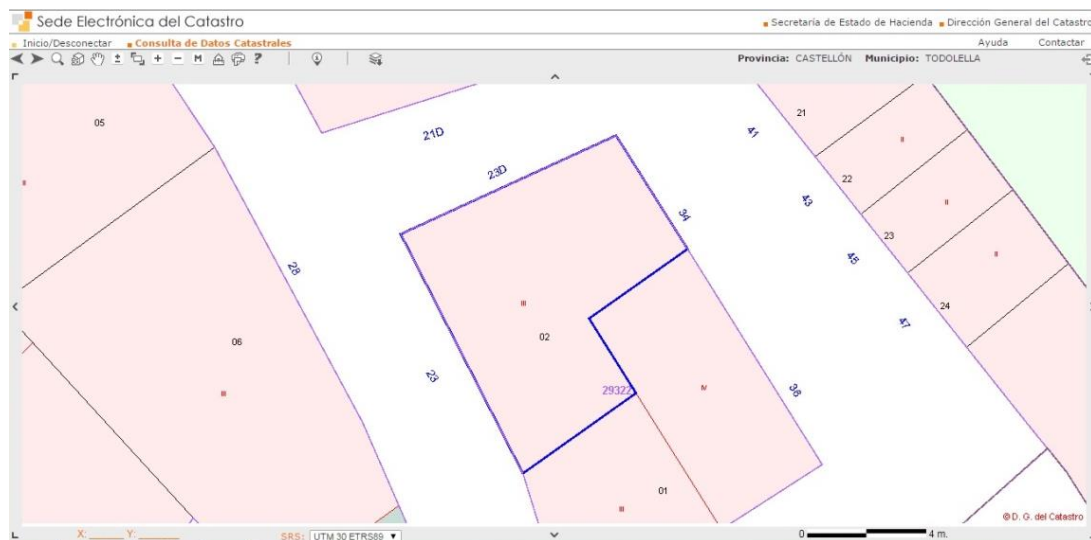


Figura 4.2. Mapa del catastro de la vivienda unifamiliar de Todolella.

4.2. CARACTERÍSTICAS

La parcela mide un total de $48,8 \text{ m}^2$ por planta, con un total de una planta baja y una primera y segunda planta. Es decir, la vivienda tiene un total de $146,4 \text{ m}^2$.



Figura 4.3. Mapa satélite de la población de Todoilella con la vivienda unifamiliar marcada en rojo.

La vivienda mide unos 9 metros de altura, dividida en tres plantas. Esta altura puede variar, pues se propone una reforma: añadir una tercera planta con desván y terraza, lo que añadiría unos 3 metros de altura más.

La vivienda consta de una zona de aparcamiento, cuatro dormitorios, una cocina, un área de lectura y dos aseos.

5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La actividad del edificio es la de residencial vivienda. Consta de dos pisos y planta baja (con opción a un tercer piso) habitables y con diferentes zonas para sus respectivas actividades. Esta vivienda se supone con los mismos consumos y actividades que la vivienda en Barcelona de los dueños.

Las diferentes zonas presentes en el edificio son cuatro dormitorios, una cocina, dos cuartos de aseo, un aparcamiento y, en caso de que se complete la reforma prevista, un desván y una terraza.

6. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

En este apartado se procede a dimensionar el sistema de generación eléctrica de la vivienda unifamiliar sometida a estudio. Esta energía procederá íntegramente de placas solares fotovoltaicas, ya que se considera que el emplazamiento de la central es lo bastante bueno como para obtener una radiación suficiente para abastecer toda la demanda eléctrica de dicho edificio.

Para dimensionar la instalación fotovoltaica se han realizado los siguientes procedimientos.

6.1. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y POTENCIA INSTALADA

La demanda se divide en dos partes, la demanda de DC y la demanda de AC y ambas se deben cubrir. El consumo estimado de una vivienda típica es este:

Consums variables				
Aparell	Nombre d'aparells	Potència (W)	Temps (h/dia)	Energia (Wh/dia)
Bombeta baix c.	4	15	4	240
Bombeta baix c.	3	11	1	33
TV petita	1	75	4	300
Ràdio	1	15	6	90
Planxa	1	800	0,15	120
Ordinador	1	250	1	250
Total consums variables	1.033			
Consums continuats				
Aparell	Nombre d'aparells o serveis	Potència (W)	Temps (h/dia)	Energia (Wh/dia)
Ràdio telèfon	1	15	4	240
Rentadora en fred	0,5	11	1	33
Nevera baix consum	1	75	4	300
Congelador baix cons	1	15	6	90
Total consums continuats	1.350			
Total consums previstos diaris	2.383			

Figura 6.1. Consumo eléctrico estándar de una instalación eléctrica en una vivienda unifamiliar.

En la actualidad una vivienda consta de más puntos de consumo, como un microondas, un secador, etc., por lo tanto el consumo será mayor, como se muestra en la siguiente figura.

Estos valores se han extrapolado del consumo que tiene la familia propietaria de la vivienda familiar en un piso del área metropolitana de Barcelona y se supone que será el mismo. Pues las personas que habitan en la vivienda unifamiliar estudiada son las mismas que las que habitan el piso.

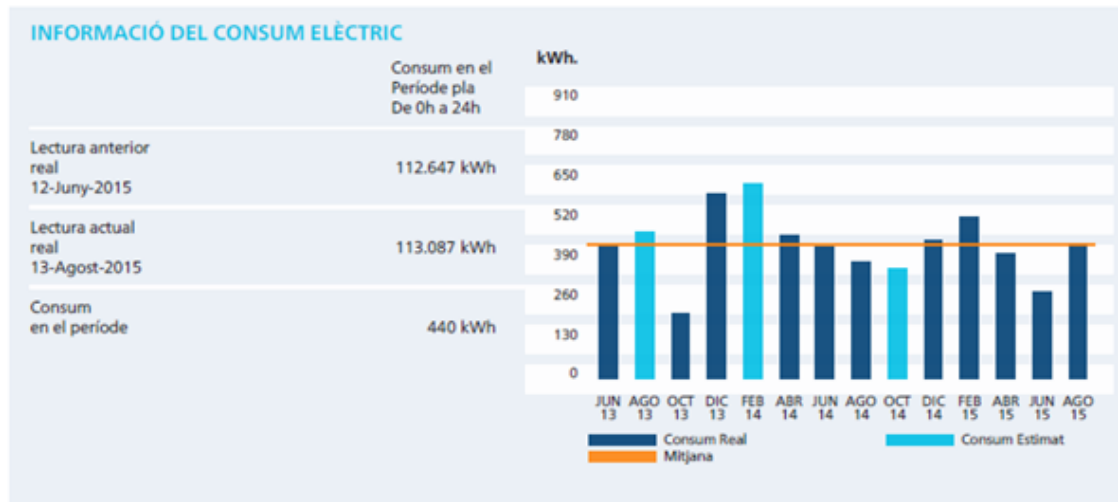


Figura 6.2. Ejemplo del consumo bimestral en verano de los residentes de la vivienda.

La potencia y el consumo son los siguientes:

$$P_{CONTRATADA} = 3,3 \text{ kW}$$

$$C_{BIMENSUAL} = 450 \frac{\text{kWh}}{2 \text{ meses}} = 7,5 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

6.2. TENSIÓN NOMINAL DE FUNCIONAMIENTO

Como se ha podido comprobar la potencia instalada es inferior a 5 kW, por lo que la tensión de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos es de 12 V para garantizar un funcionamiento correcto del sistema y reducir la sección de los conductores y las pérdidas eléctricas.

La tensión nominal de la vivienda unifamiliar es de 230 V.

6.3. CONSUMO EN AH DEL EDIFICIO

Para calcular el consumo en Ah del edificio se usa la siguiente fórmula:

$$C_{total} = \frac{\text{Consum diari}}{\text{Tensió nominal instalació}} = \frac{7,5 \text{ kWh/día}}{24 \text{ V}} = 312,5 \text{ Ah/día}$$

A este valor hay que añadir un factor de sobredimensionamiento por pérdidas del conexionado de un valor del 10%. Con este valor el consumo requerido final tiene un valor de:

$$C_{req} = 1,1 \cdot C_{total} = 343,75 \text{ Ah/día}$$

6.4. PÉRDIDAS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Para determinar las pérdidas de la instalación fotovoltaica se usa esta fórmula:

$$K_T = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left(1 - \frac{K_A \cdot D_{aut}}{P_{D,m\acute{a}x}}\right)$$

Dónde:

K_A : Pérdidas debidas a la autodescarga diaria de la batería a 20 °C.

K_B : Pérdidas debidas al rendimiento de la batería.

K_C : Pérdidas debidas al rendimiento del inversor.

K_R : Pérdidas debidas al rendimiento del regulador.

K_X : Pérdidas no contempladas.

D_{aut} : Días de autonomía deseados en la instalación.

$P_{D,m\acute{a}x}$: Profundidad máxima de descarga de la batería en %.

Como valores de estas constantes se han tomado los valores típicos, aunque se ha intentado ajustarlos a una instalación real. Los valores usados son:

$$K_A = 0,5\% \quad K_C = 5\% \quad K_X = 5\% \quad P_{D,m\acute{a}x} = 70\% \quad K_B = 5\% \quad K_R = 10\% \quad D_{aut} = 7$$

Si sustituimos estos valores en la ecuación anterior se obtiene que:

$$K_T = 0,7125$$

Con este nuevo factor de pérdidas se puede determinar el consumo real del edificio.

$$C'_{req} = \frac{C_{req}}{K_T} = 482,46 \text{ Ah/dia}$$

6.5. INCLINACIÓN ÓPTIMA DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

Para determinar la inclinación óptima de los paneles se puede usar el criterio del mes crítico o el criterio de máxima captación energética anual. En el caso que nos atañe se ha usado el programa PVGIS. Este programa puede determinar la radiación solar y calcular el ángulo de inclinación óptimo de las placas fotovoltaicas dependiendo de la zona donde se pretende ubicar la instalación.

El ángulo óptimo de inclinación de las placas fotovoltaicas usando el software PVGIS es de 36°, por lo que los cálculos de radiación dependen de este valor.

6.6. RADIACIÓN DIARIA

Los datos de radiación obtenidos con el ángulo elegido en PVGIS son los siguientes:

Fixed system: inclination=36 deg., orientation=-2 deg. (optimum)				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	8.86	275	3.59	111
Feb	11.50	321	4.70	132
Mar	13.50	419	5.75	178
Apr	13.00	390	5.61	168
May	13.40	415	5.90	183
Jun	14.10	424	6.36	191
Jul	14.80	458	6.72	208
Aug	14.10	438	6.41	199
Sep	13.40	401	5.90	177
Oct	11.80	366	5.06	157
Nov	9.49	285	3.90	117
Dec	8.57	266	3.46	107
Year	12.20	371	5.28	161
Total for year		4460		1930

Figura 6.3. Datos de radiación obtenidos con el software de simulación de internet, el PVGIS.

Las horas solares pico se calculan con la siguiente igualdad:

$$1 \text{ HSP} = 1000 \text{ Wh/m}^2 \times \text{día}$$

Mes	Hd (Wh/m ² /día)	Hd (W/m ²)	HSP	Mes	Hd (Wh/m ² /día)	Hd (W/m ²)	HSP
Enero	3590	1000	3,59	Julio	6720	1000	6,72
Febrero	4700	1000	4,7	Agosto	6410	1000	6,41
Marzo	5750	1000	5,75	Septiembre	5900	1000	5,9
Abril	5610	1000	5,61	Octubre	5060	1000	5,06
Mayo	5900	1000	5,9	Noviembre	3900	1000	3,9
Junio	6360	1000	6,36	Diciembre	3460	1000	3,46
Total					5280,0	1000,0	5,3

Tabla 6.1. Horas solares pico de la instalación solar de la vivienda unifamiliar.

6.7. ELECCIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO

La elección del panel es importante ya que de esta elección dependen los valores del rendimiento, tensión e intensidad de corriente, los cuales son necesarios para los cálculos de la instalación.

El módulo escogido es el modelo SHARP ND-RC260, que es un modelo de silicio policristalino, distribuido por Sundfields Europe.

Las especificaciones eléctricas y mecánicas de la placa son las siguientes:

Electrical data (at STC)					
				ND-RC260	
Maximum power	P_{max}	260	W_p		
Open-circuit voltage	U_{oc}	37.7	V		
Short-circuit current	I_{sc}	9.01	A		
Voltage at point of maximum power	U_{mp}	30.5	V		
Current at point of maximum power	I_{mp}	8.51	A		
Module efficiency	η_m	15.8	%		

Mechanical data	
Length	1,660 mm
Width	990 mm
Depth	50 mm
Weight	20 kg

Figura 6.4. Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico escogido.

Este panel es uno de los más potentes de su gama, esto hará que su precio se incremente pero la cantidad de paneles se reduce.

Con las especificaciones de la placa conocidas podemos determinar la energía aportada por la placa:

$$E_{panell} = \eta \cdot I_{mp} \cdot HSP$$

Dónde:

η es el rendimiento del panel

I_{mp} es el corriente en el punto de máxima potencia del panel (A)

Los resultados obtenidos para cada mes del año son los siguientes:

Energía en Ah/día de 1 panel					
Enero	27,49581	Ah/día	Julio	51,46848	Ah/día
Febrero	35,9973	Ah/día	Agosto	49,09419	Ah/día
Marzo	44,03925	Ah/día	Septiembre	45,1881	Ah/día
Abril	42,96699	Ah/día	Octubre	38,75454	Ah/día
Mayo	45,1881	Ah/día	Noviembre	29,8701	Ah/día
Junio	48,71124	Ah/día	Diciembre	26,50014	Ah/día

Tabla 6.2. Energía en Ah/día entregada por cada panel en cada mes del año.

Con los datos calculados hasta ahora se puede determinar la cantidad de paneles solares fotovoltaicos en paralelo necesarios en la instalación. La fórmula usada es la siguiente:

$$n_{\text{paralelo}} = \frac{C'_{\text{req}}}{E_{\text{panell}}}$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Número de paneles en paralelo			
Enero	17,55	Julio	9,37
Febrero	13,40	Agosto	9,83
Marzo	10,96	Septiembre	10,68
Abril	11,23	Octubre	12,45
Mayo	10,68	Noviembre	16,15
Junio	9,90	Diciembre	18,21

Tabla 6.3. Número mínimo de paneles en cada mes del año, se tendrán en cuenta los valores de verano.

Con estos datos podemos observar que el número mínimo de paneles en paralelo son los 19 paneles que se necesitan en diciembre. Pero, como ya se ha indicado, esta vivienda está destinada a usarse en verano, por lo que la demanda de paneles mínima es la de los meses de verano. Por lo tanto se supondrán los siguientes paneles fotovoltaicos en paralelo:

$$n_{\text{paralelo}} = 10 \text{ paneles}$$

Una vez conocidos el número de paneles en paralelo se calcula el número mínimo de paneles en serie:

$$n_{\text{serie}} = \frac{\text{Tensió nominal}}{V_{mp}} = \frac{24 \text{ V}}{30,5} = 0,79 \text{ paneles} = 1 \text{ panel}$$

Por lo tanto, el número de paneles en serie mínimo es de 1 panel.

Con los datos conocidos podremos determinar el número total de paneles en la instalación fotovoltaica:

$$n = n_{\text{serie}} \cdot n_{\text{paralelo}} = 10 \text{ paneles}$$

6.8. SISTEMA DE BATERÍAS

Las baterías son un elemento imprescindible en la instalación, ya que sin ellas en los momentos sin radiación solar no se podría cubrir la demanda energética.

Para determinar el número de baterías que se necesitan hay que dimensionar la cantidad en paralelo y en serie.

Primero se procederá a determinar la capacidad total de almacenamiento de las baterías, es decir, los Ah que deben cubrir y durante cuantos días deben funcionar de manera independiente.

$$C_{alm} = \frac{C'_{req} \cdot D_{aut}}{P_{D,m\grave{a}x}} = 4910,71 \text{ Ah}$$

Los días de autonomía se han considerado 5 debido a la situación de la instalación, en un emplazamiento con una radiación solar importante y un clima mediterráneo. Y la profundidad de descarga es del 70%, ya que se han elegido como baterías las baterías de plomo-ácido.

Conocida la capacidad de almacenamiento se procede a la elección del modelo de batería. En este caso se ha elegido una batería Tudor, modelo 24 EAN 120 (24 OPzS 3000). En la tabla que hay a continuación se pueden distinguir las características del modelo elegido:

Referencia	Referencia EAN	Equivalencia Referencia OPzS	Voltaje nominal (V)	Capacidad nominal C ₁₀ (Ah) 1.80 V/C 20 °C	Capacidad C ₂₀ (Ah) 1.85 V/C 25 °C	Resistencia interna (mΩ)	Corriente de cortocircuito (A)	Largo (l) max. mm	Ancho (b/w) max. mm	Alto* (h) max. mm	Peso con ácido aprox. Kg	Peso sin ácido** aprox. Kg
NVEA020200WTOFA	4 EAN 55	4 OPzS 200	2	263	349	0,80	2300	105	208	395	18	5
NVEA022750WTOFA	22 EAN 120		2	3087	4174	0,14	15300	215	580	812	215	65
NVEA023000WTOFA	24 EAN 120	24 OPzS 3000	2	3367	4554	0,13	16600	215	580	812	223	69

Figura 6.5. Especificaciones del modelo de batería escogido.

Para calcular el número de baterías en paralelo se realiza el siguiente cálculo:

$$n_{bat.paralelo} = \frac{C_{alm}}{C_{bat}} = \frac{4910,71}{4554} = 1,06 = 1$$

Hay que tener en cuenta que el valor de la capacidad de la batería es el de 4554 Ah con un tiempo de descarga de 120 h. Lo que implica 7 días de autonomía.

Para calcular el número de baterías en serie se usa el siguiente cálculo:

$$n_{bat.serie} = \frac{V_{nom}}{V_{bat}} = \frac{24}{2} = 12$$

Por lo tanto, el número total de baterías será:

$$n_{bat.Total} = n_{bat.paralelo} \times n_{bat.serie} = 12 \text{ baterías}$$

6.9. REGULADOR

El modelo de regulador se determina siguiendo el amperaje que deberá soportar. Para eso se calculará el amperaje de entrada y el de salida, y se dimensionará según el mayor.

$$I_G = 1,2 \cdot n_{pp} \cdot I_{mp} = 1,2 \cdot 10 \cdot 8,51 = 102,12 \text{ A}$$

$$I_L = \frac{P_{contratada}}{\eta_{inv} \cdot V_{nom}} = \frac{3300}{24 \times 0,9} = 152,78 \text{ A}$$

Se puede observar que el amperaje de salida es mayor, por lo que se elige este como valor para dimensionar.

Como es un valor relativamente grande se ha decidido poner varios reguladores en paralelo para poder soportar el amperaje necesario.

El modelo elegido es el FM80 – 150V dc de la marca FlexMax, que soporta un amperaje máximo de 80 A. Por lo tanto se necesitarán:

$$n_{reguladores} = \frac{I_L}{80} = \frac{152,78}{80} = 1,9 \text{ reguladores} = 2 \text{ reguladores}$$

Las características del regulador elegido son las siguientes:

FLEXmax [®] 80 - FM80-150VDC	
Voltajes de batería nominal	12, 24, 36, 48 o 60 VCC (en el mismo equipo - a seleccionar al poner en marcha el equipo)
Corriente máxima de salida	80 amperios @ 40°C/104°F con límite de corriente ajustable
Potencia máxima matriz FV	12VCC systems 1250W / 24VCC systems 2500W / 48 VCC systems 5000W / 60 VCC systems 7500W
Voltaje circuito abierto matriz FV	150VCC valor máximo en condiciones de baja temperatura / 145VCC para arranque y condiciones máximas de operación
Consumo en espera	Menor a 1W
Eficiencia de conversión de potencia	97,5% @ 80 Amps en sistema de 48 VCC típica
Regulación de carga	Cinco estados: carga máxima (bulk), absorción, flotación, silenciosa e igualización
Puntos de ajuste de regulación de voltaje	De 10 a 60 VCC, ajustable por el usuario con protección mediante contraseña
Voltaje de igualización	Voltaje y temporización programables - Finalización automática.
Compensación de temperatura de batería	Automática con RTS opcional (sensor de temperatura remoto) / 5.0 mV por °C por celda de batería de 2 VCC
Rango de temperatura de operación	-40°C a +60°C (La potencia de salida se desclasifica a partir de 40°C)
Categoría ambiental	Para instalación en interior
Orificios de conexionado	Uno 35mm (1") posterior; Uno 35mm (1") izquierda; Dos 35mm (1") inferior
Garantía	5 años
Peso	Equipo 5,56 Kg. - 12,20 lbs Envío 7,10 Kg. - 15,75 lbs
Dimensiones (alto x ancho x profundo)	Equipo 41,3x14x10 cm. - 16,25 x 5,75 x 4" Envío 53 x 27 x 25 cm - 21 x 10,5 x 9,75"

Figura 6.6. Especificaciones del modelo de regulador escogido.

6.10. INVERSOR

El inversor es el encargado de transformar la energía eléctrica que viene del regulador de DC a AC. Para poder elegir un inversor correcto se necesita determinar la potencia total que debe transformar:

$$P_{inv} = \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}} = \frac{3300}{0,9} = 3666,67 \text{ W}$$

El modelo elegido es el Sirio EVO 3000. Este modelo soporta una potencia nominal de 3 kW. Estos valores cubren la necesidad de potencia calculada, ya que el valor de potencia usada en AC se ha supuesto el total de la potencia. Las especificaciones del inversor son las siguientes:

MODELO	Sirio EVO 3000
Potencia aconsejada del campo fotovoltaico	3450 Wp max ; 2400 Wp min
Potencia nominal corriente alterna	3000 W
Potencia máxima corriente alterna	3000 W
ENTRADA	
Tensión continua máxima en circuito abierto	800 Vcc
Intervalo de ejercicio MPPT	150 ÷ 720 Vcc
Rango completo de MPPT	240 ÷ 720 Vcc
Intervalo de ejercicio	150 ÷ 800 Vcc
Corriente de entrada máxima	13 Acc
Tensión de arranque del sistema	90 Vcc
Tensión de umbral para el suministro hacia la red	220 Vcc
Tensión de cierre	60 Vcc
Tensión de Ripple	<3%
SALIDA	
Tensión de ejercicio	230 Vca
Intervalo operativo	184 ÷ 276 Vca ⁽¹⁾
Intervalo para la máxima potencia	200 ÷ 276 Vca ⁽¹⁾
Intervalo de frecuencia	47,5 ÷ 51,5 Hz ⁽¹⁾
Intervalo de frecuencia configurable	47 ÷ 52 Hz ⁽¹⁾
Corriente nominal	13 Aca
Corriente máxima	15 Aca
Corriente de cortocircuito	15 Aca
Componente continua introducida en red	<65 mA
Distorsión armónica (THDi)	<3,5%
Factor de potencia	de 0,9 ind. a 0,9 cap. ⁽¹⁾
Separación galvánica	No
Conectores CA	Conector Wieland RST25
SISTEMA	
Rendimiento máximo	97,10%
Rendimiento europeo	>95,65%
Consumo en stand-by	~9W
Consumo de noche	1W (4W Si se consulta durante la noche y esta activado)
Protecciones internas	Protección Interior de tierra y control de supervisión de fallos tanto en el fallo lado de corriente continua (diferencial de Clase B segunda IEC 60755). Drenaje de sobretensión tipo 3.
Protección funcionamiento en isla	Dependiendo de las regulaciones locales
Detección dispersión hacia tierra	Si
Disipación de calor	Convección

Figura 6.7. Especificaciones del modelo de inversor escogido.

6.11. DIMENSIONADO DEL CABLEADO Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS

6.11.1. Cableado

La instalación eléctrica constará de 5 tramos de cableado, en función del voltaje y amperaje que soporten. En este apartado se definen las secciones de los cables para que se cumplan estas tres condiciones:

Máxima caída de tensión del tramo limitado por el reglamento de baja tensión.

Calentamiento del conductor según la corriente máxima

Corriente de cortocircuito

Para el cálculo de las secciones se usará la fórmula siguiente:

$$S = 2 \times \frac{L \times I}{\sigma \times U}$$

Los distintos tramos del sistema son:

Tramo 1: Cableado de los paneles fotovoltaicos al regulador. Con una tensión de 24 V.

Tramo 2: Cableado del regulador a las cargas en DC. Con una tensión de 24 V.

Tramo 3: Cableado del regulador a las baterías. Con una tensión de 24 V.

Tramo 4: Cableado del regulador al inversor. Con una tensión de 24 V.

Tramo 5: Cableado del inversor a las cargas en AC. Con una tensión de 230 V.

El regulador está muy cerca del inversor y de las baterías, por lo que la longitud de estos tramos de cableado es muy corta.

El conductor será de cobre con una conductividad de 56 m/(Ω·mm²)

Las caídas de tensión vienen determinadas por el REBT:

	CDT
Tramo 1	5%
Tramo 2	3%
Tramo 3	0,5%
Tramo 4	0,5%
Tramo 5	3%

Tabla 6.4. Máximas caídas de tensión permitidas.

Las intensidades que van a las cargas AC y DC se dividirán, ya que a la salida del regulador y el inversor se dividen según la zona a la que alimentarán: planta baja o primera planta.

	L	I	ρ	U	S (mm ²)	D (mm)	S norm (mm)
Tramo 1	15	102,12	56	1,2	45,589	7,619	50
Tramo 2	200	27,5	56	0,72	272,817	18,638	300
Tramo 3	1	152,778	56	0,12	45,470	7,609	50
Tramo 4	1	152,778	56	0,12	45,470	7,609	50
Tramo 5	15	4,783	56	6,9	0,371	0,688	1,5

Tabla 6.5. Cálculo de la sección mínima de los conductores de todos los tramos y secciones normalizadas escogidas.

Como se puede observar una de las secciones es muy grande, eso afectará al presupuesto de la instalación de manera muy significativa. Con estos datos se determina el cableado usado en la instalación:

**EXZHELLENT XXI 1000V
RZ1-K (AS)**

TENSIÓN: 0.6/1 kV

General Cable

								
	mm ²	mm	kg/km	mm	A	A	V/A.km	V/A.km
1992106	1x1.5	5,7	45	25	21	25	23,65	29,37
1992107	1x2.5	6,1	60	25	30	33	14,24	17,62
1992108	1x4	6,7	75	30	40	43	8,873	10,93
1992109	1x6	7,2	95	30	52	54	5,95	7,288
1992110	1x10	8,2	140	35	72	71	3,484	4,218
1992111	1x16	9,2	195	40	97	93	2,24	2,672
1992112	1x25	10,8	285	45	122	118	1,476	1,723
1992113	1x35	11,9	380	50	153	143	1,073	1,224
1992114	1x50	13,5	520	55	188	170	0,773	0,852
1992115	1x70	15,6	715	65	243	209	0,568	0,601
1992116	1x95	17,4	925	70	298	248	0,449	0,455
1992117	1x120	19,4	1165	80	350	283	0,368	0,356
1992118	1x150	21,4	1445	90	401	319	0,311	0,285
1992119	1x185	23,3	1745	95	460	358	0,27	0,234
1992120	1x240	26,6	2295	135	545	413	0,223	0,177
1992121	1x300	30,2	2895	155	638	466	0,193	0,142
1992122	1x400	34,8	3930	175	770	544	0,164	0,107
1992123	1x500	39,5	5055	200	889	614	0,146	0,085

Figura 6.8. Catálogo de cableado para la instalación.

6.11.2. Elementos de protección

Los elementos de protección de un circuito tienen la función de proteger tanto a las personas como a los elementos que componen el circuito en cuestión.

Se pueden encontrar dos grupos de protección:

Elementos de protección de las personas

Elementos de protección de la instalación

Elementos de protección de las personas

Es muy importante evitar que las corrientes que circulan por una red eléctrica afecten al cuerpo humano. Aunque cada persona reacciona de manera diferente, se considera que el cuerpo está en peligro cuando es traspasado por una corriente de más de 25 mA durante un tiempo de 0,2 segundos.

La tabla que se muestra a continuación detalla el peligro que representan diferentes intensidades para la persona:

I (mA)	Efecto	Peligrosidad
0 a 1	No produce ninguna sensación	Baja
1 a 8	No demasiado dolor, no se pierde el control muscular	
8 a 15	Muy doloroso, pero sin perder el control muscular	
15 a 25	Muy doloroso con probabilidades de perder el control muscular	
25 a 50	Dolor con fuertes contracciones y dificultad para respirar	Alta
50 a 100	Dolor con fuertes contracciones y dificultad para respirar y posible parada cardíaca	
100 a 200	Suele provocar parada cardíaca y muerte instantánea	
Más de 200	El corazón queda totalmente paralizado y sufres quemaduras graves	

Tabla 6.6. Peligrosidad de la corriente en los cables sobre el cuerpo humano.

Para evitar esto se detallan una serie de protecciones:

Toma de tierra

La toma de tierra es un conductor de resistencia eléctrica mínima que pone en contacto todos los elementos metálicos de una red eléctrica con el suelo. De esta manera se establece un camino de escape para corrientes excesivas o no deseadas.

Para este proyecto se escoge un electrodo de cobre vertical de 2 metros.

También es importante destacar la resistividad del suelo:

Tipo de suelo	Resistividad (Ω/m)
Territorio cultivable, fértil o húmedo	50
Territorio cultivable, poco fértil	500
Territorio rocoso o arena seca	3000

Tabla 6.7. Resistividades de distintos tipos de suelos.

Según las características del emplazamiento se toma como valor adecuado el del territorio cultivable y poco fértil.

Con estos valores podremos calcular la resistencia de tierra:

$$R = 2 \cdot \frac{\text{Resistividad de la zona}}{\text{Longitud de la pica}} = 2 \cdot \frac{500 \Omega/m}{2 m} = 500 \Omega$$

Interruptor diferencial

El interruptor diferencial se instala en todas las centrales eléctricas como medida de seguridad en caso de electrocución. La finalidad de este interruptor es desconectar el circuito para anular las posibles corrientes indeseadas.

Se toma como valor de sensibilidad el valor típico para el cual la intensidad empieza a ser peligrosa, unos 30 mA.

Elementos de protección de la instalación

El REBT establece que todos los circuitos tienen que estar protegidos contra posibles sobreintensidades.

Los problemas más comunes que suceden pueden ser debidos a un cortocircuito o a sobreintensidades, por ello se usan los siguientes elementos de protección.

Interruptor general automático (IGA)

Es el interruptor general de la instalación interior. Se puede accionar manualmente y consta de protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos. También evita que la potencia consumida exceda la máxima que la instalación permite.

Interruptor magnetotérmico (PIA)

Estos interruptores se encargan de proteger de sobrecargas y cortocircuitos a todos los circuitos de la instalación interior. Su amperaje es el adecuado para la intensidad del circuito que protegen pero nunca será superior a la del magnetotérmico general.

Consta de dos elementos de desconexión automática: el disparador magnético y el disparador térmico.

Se debe colocar una PIA en cada línea con su valor correspondiente de amperaje.

6.11. RESUMEN DE RESULTADOS

El resumen de los resultados obtenidos muestra que se necesitan un total de 10 paneles fotovoltaicos modelo SHARP ND-RC260, 12 baterías modelo 24 EAN 120 de la marca Tudor, 2 reguladores modelo FM80 – 150V dc de la marca FlexMax y un inversor modelo Sirio EVO 3000. La instalación fotovoltaica consta del siguiente esquema eléctrico:

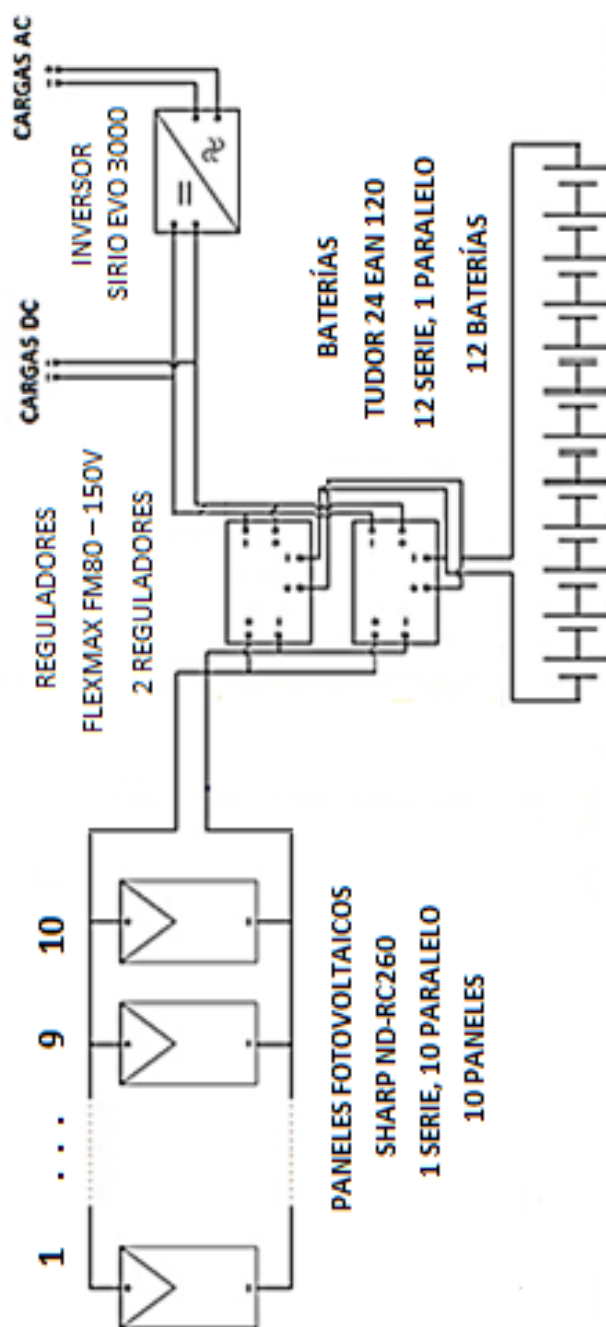


Figura 6.9. Diseño de la instalación solar fotovoltaica de la vivienda unifamiliar.

7. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

En este apartado se procede a dimensionar el sistema de agua caliente sanitaria de la vivienda unifamiliar sometida a estudio. Esta energía procederá íntegramente de placas solares térmicas, ya que, como se ha mencionado con anterioridad, se considera que el emplazamiento de la central es lo bastante bueno como para obtener una radiación suficiente para cubrir toda la demanda de ACS de dicho edificio.

Para dimensionar la instalación solar térmica se han realizado los siguientes procedimientos.

7.1. DEMANDA DE ACS

Para determinar la demanda necesaria de ACS en una vivienda unifamiliar se tiene que consultar la siguiente tabla para determinar el caudal necesario mínimo diario por persona.

Uso del edificio	Clasificación	Consumo unitario ($\frac{1}{\text{persona} - \text{día}}$)
Residencial	Vivienda	40
	Hotel menor o igual a 3 estrellas	60
	Hotel de 4 estrellas	80
	Hotel de 5 estrellas	100
	Camping	30
	Cuartel	40
	Centro penitenciario	40
	Residencia de estudiantes	40
Docente	Con duchas	30
	Otros usos	6
Sanitario	Hospital, clínica	80
	Ambulatorio, centro de salud	60

Figura 7.1. Valores estipulados de consumo de ACS en función de la actividad que se desarrolla en el edificio.

La vivienda unifamiliar constará de un total de 6 personas viviendo principalmente durante los días de verano.

$$\dot{V}_{ACS} = 40 \frac{L_{ACS}}{\text{persona} \times \text{día}} \times 6 \text{ personas} = 240 \frac{L_{ACS}}{\text{día}}$$

La temperatura deseada del agua será de 60 °C i, como está estipulado, la temperatura inicial del agua usada viene determinada por la tabla que hay a continuación:

Tabla 5. Temperatura media del agua de la red general, en °C.

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ALAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
2	ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
3	ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
4	ALMERIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
5	ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
6	AVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
7	BADAJOS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
8	BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
9	BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
10	BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
11	CACERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
12	CADIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
13	CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
14	CASTELLÓN	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
15	CEUTA	8	9	10	12	13	13	14	13	13	12	11	8	11.3
16	CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
17	CORDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
18	LA CORUÑA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
19	CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
20	GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3

Figura 7.2. Temperatura media mensual del agua de la red general en función de la zona de España donde se desea construir la instalación.

Con estos datos conocidos se procede a calcular la demanda con la siguiente fórmula:

$$D = 1,16 \times 10^{-3} \times N \times Q \times (T_{ACS} - T_{AF})$$

Dónde:

D es la demanda energética en kWh/mes

N es el número de días del mes considerados (días/mes)

Q es el consumo diario de ACS (L/día)

T_{ACS} es la temperatura de referencia usada para la cuantificación del consumo de ACS (°C)

T_{AF} es la temperatura del agua de la red de distribución (°C)

Los resultados obtenidos aplicando la fórmula son:

Mes	N (días)	Q (L/día)	T _{ACS} (°C)	T _{AF} (°C)	D (kWh)
Enero	10	240	60	8	144,8
Febrero	0	240	60	9	0,0
Marzo	0	240	60	11	0,0
Abril	10	240	60	13	130,8
Mayo	0	240	60	14	0,0
Junio	10	240	60	15	125,3
Julio	31	240	60	16	379,7
Agosto	31	240	60	15	388,4
Septiembre	10	240	60	14	128,1
Octubre	0	240	60	13	0,0
Noviembre	0	240	60	11	0,0
Diciembre	10	240	60	8	144,8
Total anual	112,0	2.880	60,0	12,3	1.441,8

Tabla 7.1. Demanda mensual de ACS en términos de energía, en kWh.

Con esta tabla se llega a la conclusión que la demanda anual es:

$$D_{anual} = 1441,2 \text{ kWh}$$

7.2. RADIACIÓN SOLAR DISPONIBLE EN LOS CAPTADORES SOLARES

La radiación solar se ha obtenido mediante el uso del programa online PVGIS. La localización de la instalación se introduce en forma de latitud y longitud:

Latitud 40°39'1" Norte, Longitud 0°14'0" Oeste

Estos datos nos indican la inclinación óptima en los paneles. La ecuación que se usa para determinar la inclinación depende de la latitud del emplazamiento y la época en la que se prevé un uso continuado. En este caso la latitud tiene un valor de unos 40 grados y su uso se prevé principalmente durante verano, por lo que la relación usada es la siguiente:

$$Inc_{opt} = Latitud - 5^\circ = 35^\circ$$

Con este valor de inclinación se obtienen los siguientes datos de radiación:

Fixed system: inclination=36 deg., orientation=-2 deg. (optimum)				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	8.86	275	3.59	111
Feb	11.50	321	4.70	132
Mar	13.50	419	5.75	178
Apr	13.00	390	5.61	168
May	13.40	415	5.90	183
Jun	14.10	424	6.36	191
Jul	14.80	458	6.72	208
Aug	14.10	438	6.41	199
Sep	13.40	401	5.90	177
Oct	11.80	366	5.06	157
Nov	9.49	285	3.90	117
Dec	8.57	266	3.46	107
Year	12.20	371	5.28	161
Total for year		4460		1930

Figura 7.3. Datos de radiación obtenidos con un ángulo de 36°, el ángulo óptimo.

Finalmente, para determinar la radiación solar captada por las placas solares se usa la siguiente fórmula:

$$E = 0,94 \times k \times H$$

Dónde:

E es la energía de la radiación solar incidente sobre la superficie de los captadores solares en MJ/(m² · día)

K es el coeficiente en función de la latitud e inclinación de la superficie de captación solar

H es la radiación incidente sobre una superficie horizontal expresada en MJ/(m² · día)

Mes	E (Wh/(m ² ·dia))	E (MJ/(m ² ·dia))	E (MJ/(m ² ·mes))
Enero	4.650,00	16,74	518,94
Febrero	5.300,00	19,08	534,24
Marzo	6.080,00	21,89	678,53
Abril	5.800,00	20,88	626,40
Mayo	5.930,00	21,35	661,79
Junio	6.200,00	22,32	669,60
Julio	6.510,00	23,44	726,52
Agosto	6.520,00	23,47	727,63
Septiembre	6.060,00	21,82	654,48
Octubre	5.680,00	20,45	633,89
Noviembre	4.730,00	17,03	510,84
Diciembre	4.300,00	15,48	479,88
Total anual	5.650,00	20,33	7.422,73

Tabla 7.2. Radiación mensual incidente sobre la superficie del captador inclinado 36 °, en MJ/m².

7.3. RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SOLAR

Para determinar el rendimiento del captador solar se usa la siguiente ecuación:

$$\eta = F_R \times (\tau \times \alpha)_n - F_R \times U_L \times \frac{T_M - T_{AMB}}{I} = a - b \times \frac{T_M - T_{AMB}}{I}$$

Dónde:

η es el rendimiento del colector solar en cada mes

a es la ganancia óptica

b es un factor de pérdidas

T_M es la temperatura media de la placa solar (°C)

T_{AMB} es la temperatura ambiente diurna (°C)

I es la potencia o intensidad de la radiación solar incidente en W/m²

Las características necesarias para efectuar el cálculo se encuentran en la siguiente tabla de características del colector escogido:

Datos Técnicos*		
Captador solar TopSon		CFK-1
Largo x Ancho x Profundo [A x B x C]	mm	2099 x 1099 x 110
Distancia entre conexiones	D mm	1900
Conexiones (en la pieza de conexión)	G	3/4"
Ángulo de inclinación		15° - 90°
Absorción de energía**	%	76,7
Coefficiente de transmisión de calor k1 **	W/(m² K)	3,669
Coefficiente de transmisión de calor k2 **	W/(m² K)	0,018
Temperatura de parada máx. (en seco)	°C	196
Eficacia visual (factor de conversión) K50° **	%	95,2
Capacidad térmica efectiva C **	kJ/(m² K)	4,723
Presión de régimen admisible	bar	10
Superficie del captador / Superficie útil	m²	2,3 / 2
Capacidad	Ltr.	1,1
Peso (vacío)	kg	36
Caudal admisible	Ltr./h	90
Fluido calorportante		ANRO
Certificado Solar-Keymark		011-75591F
Certificado homologación		NPS-28709

** Valores según EN 12975. * Reservado el derecho de modificaciones técnicas

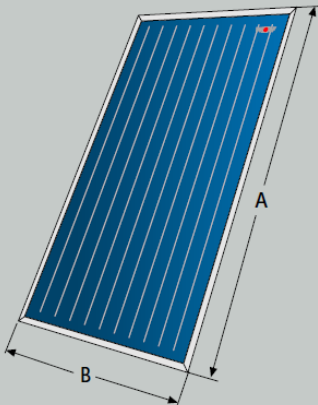


Figura 7.4. Especificaciones del colector solar térmico escogido.

El modelo de captador solar escogido es el TopSon CFK-1, de Wolf. Los valores de a y b en este modelo son los siguientes:

$$b = 3,669 \text{ W/m}^2 \times K$$

Como el valor de a no está, se puede usar el software CHEQ4 para determinarlo, el resultado obtenido es:

$$a = 0,767$$

La temperatura media del acumulador de calor es de 60 °C, que es el mismo que la temperatura requerida en el ACS. La temperatura media ambiente se encuentra en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 4. Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C.

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ALAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13,7
2	ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15,4
3	ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20,1
4	ALMERIA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20,5
5	ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14,3
6	AVILA	4	5	8	11	14	18	22	22	18	13	8	5	12,3
7	BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18,9
8	BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18,8
9	BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18,5
10	BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12,5
11	CACERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18,3
12	CADIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3
13	CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15,8
14	CASTELLON	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19,2
15	CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19,6
16	CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16,3
17	CORDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20

Figura 7.5. Temperatura ambiente mensual durante las horas de Sol en función de la zona de España donde se desee construir la instalación.

Finalmente se calcula el valor de la potencia o intensidad de radiación que recibe el captador solar:

$$I = \frac{10^6 \times E}{3600 \times t(h)}$$

Las horas solares para la península ibérica se encuentran en la siguiente tabla:

Mes	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>h</i>	6,0	7,0	7,5	8,0	8,8	9,0	9,0	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0

Figura 7.6. Horas solares de cada mes del año en la zona de la península.

Los resultados de rendimiento mensuales obtenidos substituyendo todos los valores de la ecuación son:

Mes	h (horas sol)	I (W/m ²)	TM (°C)	TAMB (°C)	η (%)
Enero	6,00	598,33	60	12	42,7%
Febrero	7,00	671,43	60	12	45,9%
Marzo	7,50	766,67	60	15	50,6%
Abril	8,00	701,25	60	17	49,6%
Mayo	8,80	670,45	60	21	50,8%
Juno	9,00	706,67	60	25	53,9%
Julio	9,00	746,67	60	28	56,4%
Agosto	9,00	712,22	60	28	55,6%
Septiembre	8,50	694,12	60	25	53,6%
Octubre	8,00	632,50	60	20	48,9%
Noviembre	7,00	557,14	60	16	43,1%
Diciembre	6,00	576,67	60	12	41,6%
Total anual	7,82	669,51	60,0	19,3	49,4%

Tabla 7.2. Rendimiento mensual de los colectores y promedio anual.

7.4. ENERGÍA ÚTIL ANUAL

Una vez calculados los valores de rendimiento medio y radiación solar anual se puede calcular la energía térmica útil a lo largo del año. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$U_{promedio} = 0,25 \times \eta_{promedio} \times E_{promedio} = 262,80 \frac{kWh}{m^2 \times año}$$

7.5. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ANUAL

La producción energética anual que se necesita para cubrir con energía térmica la demanda viene dada por la expresión que hay a continuación:

$$P = f_m \times D_{anual}$$

Dónde:

f_m es el porcentaje de demanda que se tiene que cubrir con energía solar térmica. En nuestro caso es al menos del 100%, ya que se desea cubrir la totalidad de la necesidad de ACS con energías renovables. El valor se estima en un 120%. En el apartado de fracción solar se justifica este valor.

D_{ANUAL} es la demanda anual de energía

Con estos valores, la producción energética anual tiene un valor de:

$$P = 1730,20 \frac{kWh}{año}$$

7.6. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Para dimensionar el campo de captación se usa la siguiente expresión:

$$S = \frac{P}{U} = 6,58 = 7 m^2$$

7.7. FRACCIÓN SOLAR, F_M

Para determinar el valor de la fracción solar se tiene que conocer previamente la energía útil mensual con la siguiente fórmula:

$$U_{\text{mensual}} = N_{\text{año}} \times \eta_{\text{mensual}} \times E_{\text{mensual}} \times 0,9$$

Mes	E (MJ/(m ² ·dia))	N (dies)	E (MJ/(m ² ·mes))	η (%)	E útil (MJ/m ²)
Enero	12,92	10	129,24	42,7%	49,63
Febrero	16,92	0	0,00	45,9%	0,00
Marzo	20,70	0	0,00	50,6%	0,00
Abril	20,20	10	201,96	49,6%	90,16
Mayo	21,24	0	0,00	50,8%	0,00
Junio	22,90	10	228,96	53,9%	111,12
Julio	24,19	31	749,95	56,4%	380,50
Agosto	23,08	31	715,36	55,6%	358,05
Septiembre	21,24	10	212,40	53,6%	102,46
Octubre	18,22	0	0,00	48,9%	0,00
Noviembre	14,04	0	0,00	43,1%	0,00
Diciembre	12,46	10	124,56	41,6%	46,59
Total anual	19,01	112,0	2.362,43	49,4%	1138,50

Tabla 7.3. Cálculo de la energía útil mensual y el promedio anual.

Multiplicando el valor obtenido por la superficie de captación determinada en el apartado anterior y se obtiene la energía útil en MJ, que se pasan a kWh. Con este valor conocido ya se puede determinar la fracción solar mensual y calcular el promedio.

Mes	Energía útil (MJ)	Energía útil (kWh)	D (kWh)	Fracción solar, f_m (%)
Enero	347,38	96,49	144,8	66,7%
Febrero	0,00	0,00	0,0	-
Marzo	0,00	0,00	0,0	-
Abril	631,09	175,30	130,8	134,0%
Mayo	0,00	0,00	0,0	-
Junio	777,86	216,07	125,3	172,5%
Julio	2.663,49	739,86	379,7	194,8%
Agosto	2.506,35	696,21	388,4	179,3%
Septiembre	717,20	199,22	128,1	155,6%
Octubre	0,00	0,00	0,0	-
Noviembre	0,00	0,00	0,0	-
Diciembre	326,12	90,59	144,8	-
Total anual	7.969,47	2.213,74	1.441,8	153,5%

Tabla 7.4. *Fracción solar para cada mes del año y el promedio anual, solamente se tienen en cuenta los meses en los que se prevé un uso continuado.*

Como se puede observar, el valor promedio difiere del 120% propuesto. Esto se debe a que los cálculos no tienen en cuenta los meses sin supuesto consumo. Si se realiza el cálculo de este factor con todos los datos el valor se aproxima al estimado:

Energía útil	Energía útil	D	Fracción solar fm
(MJ)	(kWh)	(kWh)	(%)
1.076,87	299,13	448,8	66,7%
1.369,03	380,29	397,6	95,7%
2.044,10	567,80	422,9	134,3%
1.893,26	525,90	392,5	134,0%
2.105,43	584,84	397,0	147,3%
2.333,57	648,21	375,8	172,5%
2.663,49	739,86	379,7	194,8%
2.506,35	696,21	388,4	179,3%
2.151,60	597,67	384,2	155,6%
1.739,48	483,19	405,6	119,1%
1.144,28	317,85	409,2	77,7%
1.010,97	280,83	448,8	62,6%
22.038,41	6.121,78	4.850,6	126,2%

Tabla 7.5. Fracción solar para cada mes del año y el promedio anual.

El valor de fracción solar promedio obtenido es muy parecido al elegido anteriormente, si usamos este valor los resultados obtenidos son prácticamente los mismos:

$$P = 1819,59 \frac{kWh}{año}$$

$$S_{campo} = \frac{P}{U} = 6,92 = 7 m^2$$

7.8 NÚMERO DE CAPTADORES SOLARES

Para determinar el número de captadores se usa el área de un captador y la superficie del campo de colectores.

$$n = \frac{S_{\text{campo}}}{S_{\text{colector}}} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ colectores} = 4 \text{ colectores}$$

El área del colector se encuentra en el documento técnico del panel usado.

El campo de colectores se puede distribuir en serie, ya que el máximo de colectores en serie que se pueden instalar son 5. Estos valores se han extrapolado de la siguiente tabla:

Número de colectores	Subdivisión en grupos	Caudal volumétrico	Tuberías		Bomba de circuito solar Grundfos
			Tubería de suministro	Escalonamiento	
uds	uds	m ³ /h	tubo de cobre	tubo de cobre	
1	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
2	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
3	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
4	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
5	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
6	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
8	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
10	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-60 A
12	3	0,90	28 x 1,0	22 x 1,0	UPS 25-60 A
				18 x 1,0	
15	3	0,90	28 x 1,5	22 x 1,0	UPS 25-60 A
				22 x 1,0	
16	4	1,20	28 x 1,5	28 x 1,5	UPS 25-60 A
				22 x 1,0	
				22 x 1,0	
18	6	1,80	35 x 1,5	28 x 1,5	UPS 25-80
				22 x 1,0	
				22 x 1,0	
				18 x 1,0	
				18 x 1,0	
20	4	1,20	35 x 1,5	28 x 1,5	UPS 25-80
				28 x 1,5	
				22 x 1,0	

Figura 7.7. Distribución del campo solar térmico en función del número de colectores.

7.9. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Una vez determinado el número de colectores se procede a calcular las dimensiones del depósito de ACS con la fórmula siguiente:

$$V_T = V \times S$$

Dónde:

S es el área solar del campo de colectores

V es el volumen de acumulación óptimo por m² necesario

El volumen de acumulación óptimo se obtiene en la siguiente gráfica:

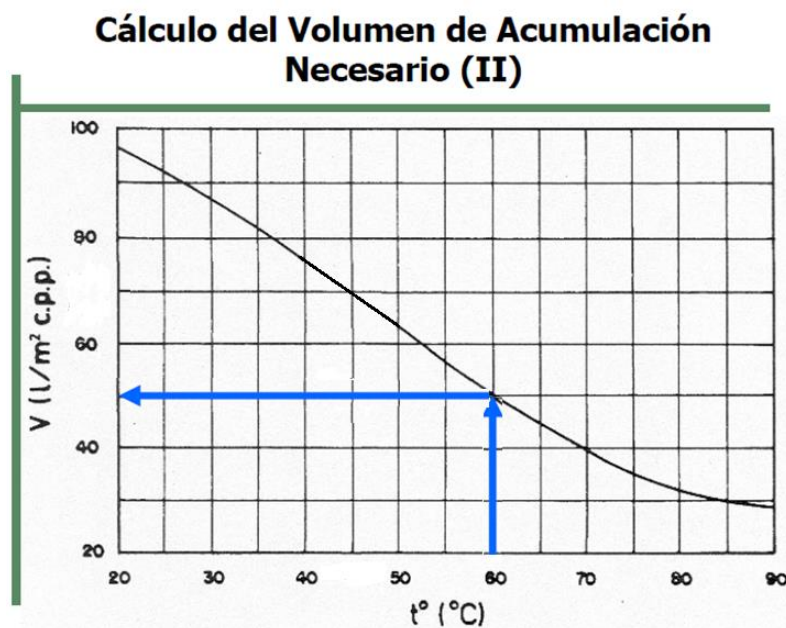


Figura 7.8. Volumen de acumulación óptimo en función de la temperatura del ACS.

Conocidos todos los valores se puede determinar el volumen de acumulación final:

$$V_T = 350 \text{ m}^3$$

Para verificar los cálculos se comprueba que el cociente entre el volumen total y la superficie del campo esté comprendido entre 50 y 180.

$$\frac{V_T}{S} = 53,16 \rightarrow \text{correcto}$$

Finalmente se calculan los depósitos necesarios, para ello hay que escoger un modelo de depósito primero. El modelo escogido es el ISF-500 S1, de la marca Fagor. Su tabla de características es la siguiente:

		ISF-500 S1
CARACTERÍSTICAS		
Capacidad A.C.S.	l.	500
Temperatura máxima depósito de A.C.S.	°C	90
Presión máxima depósito de A.C.S.	bar	8
Temperatura máxima circuito de calentamiento	°C	200
Presión máxima circuito de calentamiento	bar	25
Superficie de intercambio circuito de calentamiento	m ²	2
Volumen serpentín	l.	15
Peso en vacío (aprox.)	kg.	160
CONEXIONES		
SACS: Salida agua caliente sanitaria	GAS/M	1"
IS: Ida solar	GAS/H	1"
RS: Retorno solar	GAS/H	1"
EAS: Entrada agua sanitaria	GAS/M	1"
eh: Conexión lateral	GAS/M	2"
z: Recirculación	GAS/M	1"
DIMENSIONES		
Radio de vuelco mínimo	mm.	1850
Cota A: diámetro exterior	mm.	770
Cota B: longitud total	mm.	1.690
Cota c:	mm.	85
Cota d:	mm.	390
Cota e:	mm.	550
Cota f: (+/-5)	mm.	790
Cota g: (+/-5)	mm.	1.000
CÓDIGO		942010449
EAN-13		8413880159805
PRECIO (PORTES INCLUIDOS)		2.730€
OPCIONAL		
Resistencia (2500 W)	CÓDIGO:	979011299
	EAN:	8413880177199
	PRECIO*:	420€

Figura 7.9. Especificaciones técnicas del depósito de ACS escogido para la instalación solar térmica.

Este depósito tiene una capacidad de 500 litros, por lo que utilizando 1 depósito como este se puede cubrir la demanda de 350 litros de ACS sin problemas. El depósito recibirá el agua de los 4 colectores solares instalados.

7.10. BOMBA HIDRÁULICA

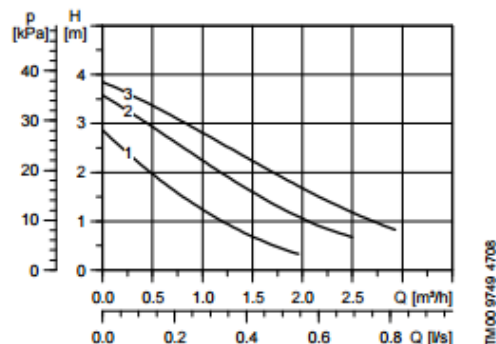
El modelo de bomba seleccionado es el UPS 25-40 A de la marca Grundfos. La elección de este modelo se debe a la siguiente tabla:

Número de colectores	Subdivisión en grupos	Caudal volumétrico	Tuberías		Bomba de circuito solar
			Tubería de suministro	Escalonamiento	
uds	uds	m ³ /h	tubo de cobre	tubo de cobre	Grundfos
1	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
2	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
3	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
4	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
5	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
6	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
8	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
10	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-60 A

Figura 7.10. Tipo de bomba necesaria en función del número de placas y caudal a bombear.

Las especificaciones de la bomba usada en la instalación son las siguientes:

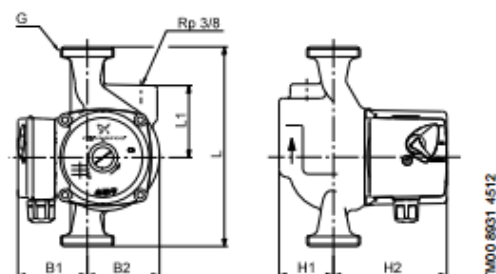
UPS 25-40 A



Electrical data 1 x 230 V, 50 Hz

Speed	P1 [W]	I _{1/11} [A]
3	45	0.20
2	35	0.16
1	25	0.12

Dimensions



Connections: See [Pipe connections](#), page 85.
System pressure: Max. 10 bar
Liquid temperature: +2 to +110 °C (TF 110)
Air separator, type A: Rp 3/8 thread for the air vent. The air vent is not supplied with the pump.

Pump type	Dimensions [mm]							Weights [kg]		Shipping volume [m ³]
	L	L1	H1	H2	B1	B2	G	Net	Gross	
UPS 25-40 A	180	65	49	112	61	65	1 1/2"	3.5	3.7	0.0053

Figura 7.11. Especificaciones técnicas de la bomba hidráulica escogida.

7.11. CAÑERÍAS

Para dimensionar las cañerías se usa la siguiente tabla:

Número de colectores	Subdivisión en grupos	Caudal volumétrico	Tuberías		Bomba de circuito solar
			Tubería de suministro	Escalonamiento	
uds	uds	m ³ /h	tubo de cobre	tubo de cobre	Grundfos
1	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
2	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
3	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
4	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
5	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
6	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
8	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
10	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-60 A

Figura 7.12. Medidas de las tuberías que transportan el ACS.

En nuestro caso se deberán usar cañerías de cobre de 18 mm y 1 mm de grosor.

Los tubos de la marca Wicu se adecuan perfectamente a nuestras necesidades. El tubo modelo Wicu Eco con dimensiones 35x1'5 mm es el escogido.

WICU®

WICU Eco

Los WICU Eco son tubos de cobre que vienen de fábrica con un aislamiento térmico. Gracias a la gran eficacia de su aislamiento térmico, estos tubos cumplen las exigencias de la normativa de ahorro energético EnEV con un espesor mínimo de capa aislante. Esto permite ahorrar mucho espacio en la instalación. El revestimiento está compuesto por una resistente espuma de poliuretano exenta de CFC/HFC con una funda de protección exterior.



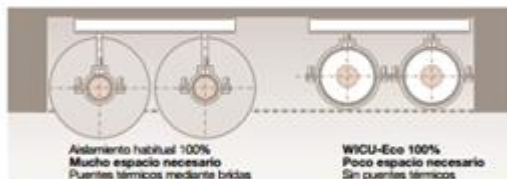
Ámbitos de aplicación:

- Aparatos sanitarios
- Calefacción
- Sistemas solares térmicos



Características técnicas:

- Ejecución de tubo según UNE EN 1057, calidad garantizada
- Fabricada de cobre puro Cu-DHP
- Con capa aislante sin CFC/HFC, compuesta por espuma de poliuretano y funda de protección exterior de PVC blando
- Ejecución en barras según 100 % EnEV
- Ejecución en aros según 50 % EnEV
- Reacción al fuego: DIN 4102 - B2
- Color del revestimiento: gris
- Margen de temperaturas de uso: hasta 150 °C
- Declaración de producto ecológico según ISO 14025



WICU Eco en barras

	Núm. de artículo	Forma de suministro	Presión de servicio permitida*	Diámetro exterior total	Contenido de agua	Longitud del tubo por litro
		Barras	bar	mm	l/m	m/l
12 x 1	423300100	•	104	32	0,079	12,73
15 x 1	423300300	•	82	36	0,133	7,53
18 x 1	423300500	•	67	40	0,201	4,97
22 x 1	423300700	•	54	45	0,314	3,18
28 x 1,5	423300900	•	65	63	0,491	2,04
35 x 1,5	423301100	•	51	71	0,804	1,24
42 x 1,5	423301300	•	42	90	1,196	0,84
54 x 2	423301600	•	44	113	1,963	0,51

Figura 7.13. Medidas de las tuberías que transportan el ACS.

7.12. PÉRDIDAS DE CARGA

Para calcular las pérdidas se usa la tabla de cañerías de cobre. Hay que tener en cuenta el cabal volumétrico que circula por ellas y el diámetro que tienen o la velocidad del fluido.

$$Q = v \times D = v \times \pi \times R^2$$

Número de colectores	Subdivisión en grupos	Caudal volumétrico	Tuberías		Bomba de circuito solar Grundfos
			Tubería de suministro	Escalonamiento	
uds	uds	m³/h	tubo de cobre	tubo de cobre	
1	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
2	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
3	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
4	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
5	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
6	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
8	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
10	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-60 A

Figura 7.14. Medidas de las tuberías que transportan el ACS y el caudal volumétrico.

Esta tabla nos muestra dos datos, un caudal de 0,3 m³ y un diámetro de 18 mm. Con estos valores se puede determinar la velocidad del fluido.

$$v = 0,3275 \text{ m/s}$$

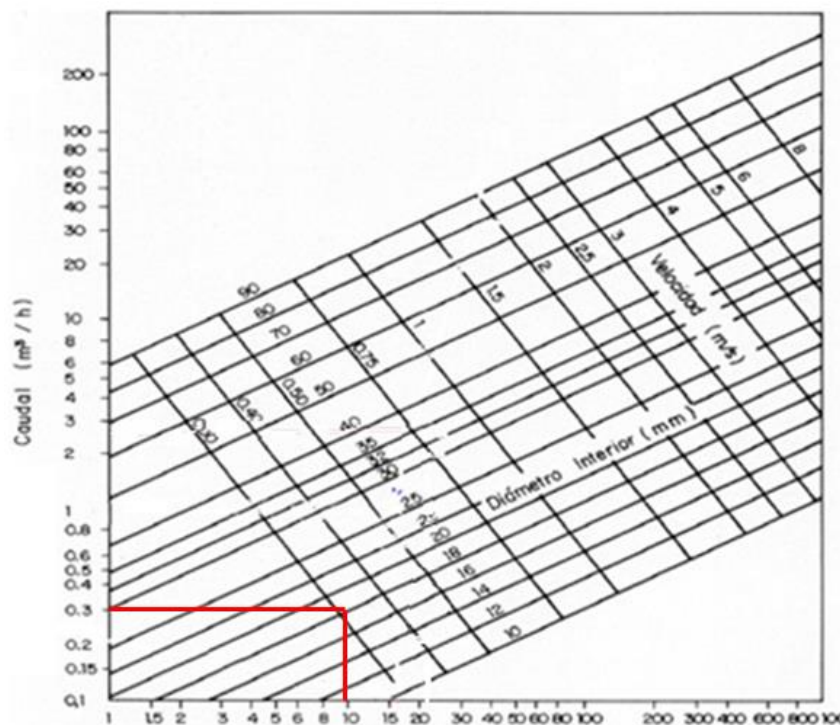


Figura 7.14. Gráfico para determinar las pérdidas de carga en una tubería de cobre.

Con el caudal y el diámetro se pueden determinar las pérdidas, que tienen un valor de unos 10 mm.c.a por metro de cañería de cobre. Por lo tanto, para determinar las pérdidas totales hay que conocer la longitud total de las tuberías de la instalación.

Para determinar la longitud de las tuberías se tienen que sumar la longitud real y la longitud equivalente de las cañerías.

$$L_t = L_R + L_E$$

El cálculo de la longitud equivalente se realiza con la siguiente tabla:

Denominación del accesorio o singularidad	L_E
Codos de 45°	0.7
Codos de 90°, radio pequeño	1.5
Codos de 90°, radio grande	0.8
Contador a turbina	5
Contracciones bruscas de 4:1	0.9
Contracciones bruscas de 2:1	0.7
Contracciones bruscas de 4:3	0.5
Curva de 90°	0.4
Ensanchamiento brusco de 1:4	1.6
Ensanchamiento brusco de 1:2	1.1
Ensanchamiento brusco de 3:4	0.5
Entrada a depósito	1.5
Derivación en T	2.2
Reducción cónica suave	0.5
Válvula de compuerta abierta	1
Válvula de bola abierta	1
Válvula de mariposa abierta	1
Válvula de asiento abierta	5
Válvula de retención de clapeta oscilante	10
Válvula de retención de muelle y obús o bola	50
Uniones lisas	0.1
Uniones diversas	0.8

Figura 7.15. Pérdidas por singularidades en el transporte del ACS.

Las pérdidas solamente se deberán al transporte desde el campo solar hasta la vivienda unifamiliar, pues la casa consta de un sistema de distribución propio. Por lo tanto, las pérdidas son las siguientes:

Las longitudes se pueden observar en la tabla siguiente:

Le	Cantidad	Le	Total (m)
Válvulas	3	5	15
Codos 90° radio gran	5	0,8	4
Entrada depósito	1	1,5	1,5
			20,5

Lr	Total (m)
Transporte	515
	320

Tabla 7.6. Longitud real, equivalente y total de las tuberías en la instalación solar térmica.

Finalmente, con la siguiente fórmula, se calculan las pérdidas:

$$\Delta H = k \times L_t \times p$$

Para realizar los cálculos se necesita conocer el factor de correlación para agua ACS a 60 °C.

TABLA S-III.- FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS MEDIAS DEL AGUA DIFERENTES DE 45 °C.

Temperatura del agua (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor	1.24	1.18	1.09	1.02	1.00	0.99	0.96	0.92	0.91	0.91

Figura 7.16. Factor de correlación del ACS a 60 °C.

Con este último valor conocido se pueden determinar las pérdidas finales:

$$\Delta H = 0,96 \times (515 + 20,5) \times 10 = 5140,8 \text{ mm. c. a.} = 5,1408 \text{ m. c. a.}$$

7.13. RESUMEN DE LOS RESULTADOS

El resumen de los resultados obtenidos muestra que se necesitan un total de 4 paneles solares térmicos modelo TopSon CFK-1, de la marca Wolf, una bomba hidráulica modelo UPS 25-40 A de la marca Grundfos, unos 500 metros de tubería de 18 mm de diámetro de la marca Wicu Eco y un tanque de agua de 500 L modelo ISF-500 S1, de la marca Fagor.

La instalación solar térmica consta del siguiente diseño:

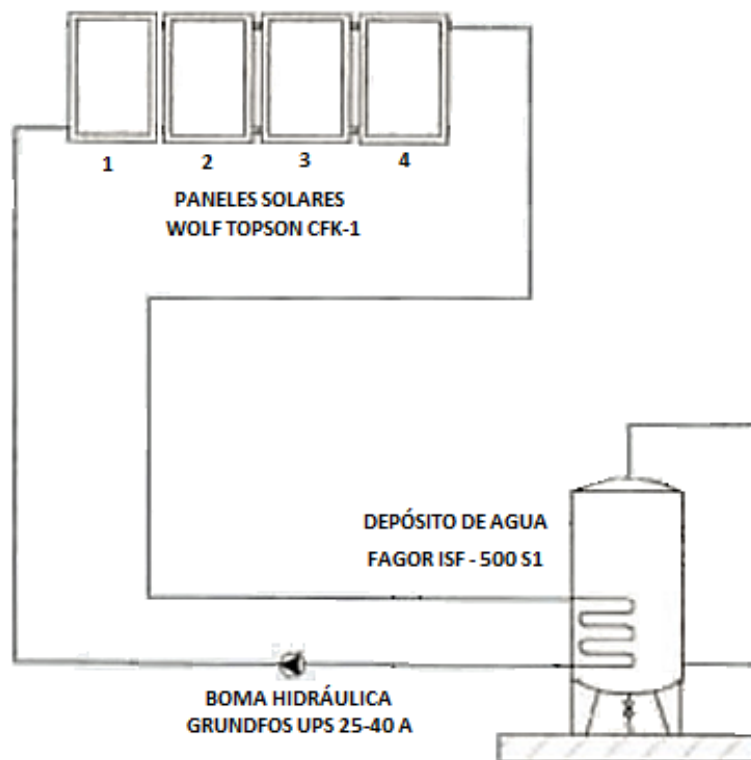


Figura 7.17. Diseño de la instalación solar térmica de la vivienda unifamiliar.

8. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En este apartado se diseñará y dimensionará la instalación de prevención y protección contra incendios teniendo en cuenta la normativa vigente. La normativa que se utilizará es el Código Técnico de Edificación Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (CTE DB SI) del 2006.

El dimensionado de la instalación depende de la configuración del edificio, su ubicación y el riesgo intrínseco. Con estos valores se ha determinado la cantidad y el tipo de elementos que constituirán la instalación de protección contra incendios. En este caso el edificio tiene un uso Residencial Vivienda.

Con los cálculos pertinentes realizados se procederá al diseño de las medidas preventivas, así como al diseño de las medidas necesarias para la extinción del fuego a fin de cumplir la normativa.

Para dicha clasificación, se detalla que la distancia entre el edificio tratado y los más próximos debe estar libre de mercancías combustibles o elementos susceptibles de propagar un incendio.

8.1. RIESGO ESPECIAL INTRÍNSECO

El primer factor a tener en cuenta es la superficie de la vivienda. Cada planta tiene un área interior de $48'8 \text{ m}^2$, es decir, la superficie total tiene un valor de $195,2 \text{ m}^2$ y es la suma de las cuatro plantas; la planta baja, la primera y segunda planta y el desván y la terraza.

Cabe destacar que el desván y la terraza son un proyecto de futuro, en la actualidad la vivienda solo consta de la planta baja y la primera y segunda planta. Por lo que el dimensionado de la instalación contra incendios tendrá en cuenta la vivienda actual.

Tabla 1.1 Condiciones de compartimentación en sectores de incendio

Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
Residencial Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie construida de todo sector de incendio no debe exceder de 2.500 m^2. - Los elementos que separan viviendas entre sí, o a éstas de las zonas comunes del edificio deben ser al menos EI 60.
Aparcamiento	<p>Debe constituir un sector de incendio diferenciado cuando esté integrado en un edificio con otros usos. Cualquier comunicación con ellos se debe hacer a través de un vestíbulo de independencia.</p> <p>Los aparcamientos robotizados situados debajo de otro uso estarán compartimentados en sectores de incendio que no excedan de 10.000 m^3.</p>

Figura 8.1. Condiciones de compartimentación en sectores de incendio en función de la actividad que se desarrollará en el edificio.

Conocida el área del edificio se determina que las condiciones de compartimentación en sectores de incendio de la tabla 1.1. de la Sección SI 1 del CTE DB no afectan al dimensionado de la instalación de protección contra incendios.

El siguiente punto a determinar es el riesgo intrínseco del edificio. Para ello se debe conocer el uso del edificio y la superficie total. Estos datos se han expuesto con anterioridad, el uso del

edificio es Residencial Vivienda y la superficie tiene un valor de $146'4 \text{ m}^2$ (teniendo en cuenta la terraza y el desván son $195,2 \text{ m}^2$).

Con estos dos datos se procede a consultar la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios

Uso previsto del edificio o establecimiento - Uso del local o zona	Tamaño del local o zona S = superficie construida V = volumen construido		
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Residencial Vivienda - Trasteros ⁽⁴⁾	$50 < S \leq 100 \text{ m}^2$	$100 < S \leq 500 \text{ m}^2$	$S > 500 \text{ m}^2$
Hospitalario - Almacenes de productos farmacéuticos y clínicos - Esterilización y almacenes anejos - Laboratorios clínicos	$100 < V \leq 200 \text{ m}^3$ $V \leq 350 \text{ m}^3$	$200 < V \leq 400 \text{ m}^3$ $350 < V \leq 500 \text{ m}^3$	$V > 400 \text{ m}^3$ En todo caso $V > 500 \text{ m}^3$

Figura 8.2. Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios.

En la tabla 2.1 de la Sección SI 1 del CTE DB se determina el riesgo especial de los edificios. En el edificio estudiado el riesgo especial obtenido es Riesgo Medio, pues el área total del edificio tiene un valor de $146'4 \text{ m}^2$ (o $195,2 \text{ m}^2$), un valor entre 100 m^2 y 500 m^2 .

8.2. DENSIDAD DE OCUPACIÓN

En la siguiente tabla se determina la densidad máxima de ocupación:

Tabla 2.1. Densidades de ocupación ⁽¹⁾

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación ($\text{m}^2/\text{persona}$)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, aseos de planta, etc.	Ocupación nula
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento Salones de uso múltiple	20 1

Figura 8.3. Densidad de ocupación máxima prevista en función de la actividad del edificio.

Según esta tabla se determina que el área mínima por persona tiene un valor de 20 m^2 , con este valor se puede determinar la ocupación máxima del edificio:

$$Ocup_{max} = \frac{S}{d_{ocup}} = \frac{146,4 \text{ m}^2}{20 \frac{\text{m}^2}{\text{persona}}} = 7,32 \text{ personas} = 7 \text{ personas}$$

Con la reforma prevista la ocupación máxima sería:

$$Ocup_{max} = \frac{S}{d_{ocup}} = \frac{195,2 \text{ m}^2}{20 \frac{\text{m}^2}{\text{persona}}} = 9,76 \text{ personas} = 9 \text{ personas}$$

8.3. SALIDAS DE PLANTA Y RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

En la siguiente tabla se dimensionan las salidas de planta y la longitud de los recorridos de evacuación:

Tabla 3.1. Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación ⁽¹⁾

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta	<p>No se admite en <i>uso Hospitalario</i>⁽²⁾ en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m².</p> <p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no exceden de 25m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en <i>uso Aparcamiento</i>; - 50 m si se trata de una planta que tiene una salida directa al espacio exterior seguro y la ocupación no excede de 25 personas. <p>La altura de evacuación de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en <i>uso Residencial Público</i>, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de salida de edificio ⁽³⁾.</p>
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta ⁽⁴⁾	<p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en <i>uso Residencial Vivienda</i> o <i>Residencial Público</i>; - 30 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en <i>uso Hospitalario</i> y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria. <p>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en <i>uso Hospitalario</i>; - 35 m en <i>uso Aparcamiento</i>.

Figura 8.4. Dimensionado de las salidas de planta y de la longitud de los recorridos de evacuación.

Se ha comprobado que en ningún caso la longitud del recorrido de evacuación supera los 50 m. Este valor se debe a que la ocupación prevista es inferior a 25 personas y la salida da directamente a un espacio exterior seguro. La altura de evacuación no excede el límite de dos plantas por encima de la salida de edificio.

En el caso de realizar la reforma prevista se debería instalar otra salida de emergencia al construir una tercera planta por encima de la salida del edificio y reducirse los recorridos de evacuación a 35 metros como máximo.

8.4. ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

En la siguiente tabla se dimensionan los elementos de evacuación de la vivienda:

Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación	
Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200^{(1)} \geq 0,80 \text{ m}^{(2)}$ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder de 1,20 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00 \text{ m}^{(3)(4)(5)}$
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. ⁽⁶⁾	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30$ cm cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30$ cm en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50 \text{ cm}^{(7)}$ Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas ⁽⁸⁾	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160^{(9)}$
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)^{(9)}$

Figura 8.5. Dimensionado de los elementos de evacuación, como puertas y escaleras.

El primer dimensionado se refiere a las puertas y pasos. En la vivienda estudiada las puertas tienen una amplitud de entre 0,8 metros y 1 metro, excepto la entrada al aparcamiento, la cual es mayor. Como se puede comprobar todas las puertas y pasos cumplen la siguiente relación:

$$A \geq \frac{P}{200} = \frac{7}{200} = 0,035 \geq 0,80 \text{ m}$$

El siguiente paso es dimensionar los pasillos y rampas de la vivienda, pero en esta no hay ni pasillos ni rampas.

Por último se dimensionan las escaleras, las cuales no están protegidas y tienen una evacuación descendente. La amplitud de las escaleras es de entre 0,8 metros y 0,9 metros. Como se puede comprobar las escaleras cumplen la siguiente relación:

$$A \geq \frac{P}{160} = \frac{7}{160} = 0,04375 \text{ m}$$

Estos elementos de evacuación no tendrán que ser reformados en el caso de que se edifique la tercera planta, pues el número de personas no afectará al resultado final.

8.5. PROTECCIÓN DE LAS ESCALERAS

A continuación se dimensiona la protección de las escaleras según la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Protección de las escaleras			
Uso previsto ⁽¹⁾	Condiciones según tipo de protección de la escalera		
	h = altura de evacuación de la escalera P = número de personas a las que sirve en el conjunto de plantas		
	No protegida	Protegida ⁽²⁾	Especialmente protegida
Escaleras para evacuación descendente			
Residencial Vivienda	$h \leq 14 \text{ m}$	$h \leq 28 \text{ m}$	
Administrativo, Docente,	$h \leq 14 \text{ m}$	$h \leq 28 \text{ m}$	
Aparcamiento	No se admite	No se admite	

Figura 8.6. Dimensionado de las escaleras en función de la altura del edificio.

Como se puede observar la altura de evacuación determina si la escalera estará protegida o no. Esta vivienda consta de 3 plantas de unos 3 metros de altura cada una por lo que la altura de evacuación total son 9 metros (12 metros en caso de que se edifique la tercera planta). Estos valores son inferiores a la altura máxima permitida para escaleras no protegidas.

$$h \leq 14 \text{ m}$$

En el aparcamiento no hay escaleras, lo que cumple con la normativa.

8.6. DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Por último se dimensiona la dotación de instalaciones de protección contra incendios según la siguiente tabla:

Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios	
Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
Instalación	
En general	
Extintores portátiles	Uno de eficacia 21A -113B: - Cada 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación. - En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1 ⁽¹⁾ de este DB.
Bocas de incendio	En zonas de riesgo especial alto, conforme al capítulo 2 de la Sección SI1, en las que el riesgo se deba principalmente a materias combustibles sólidas ⁽²⁾
Ascensor de emergencia	En las plantas cuya altura de evacuación exceda de 50 m. ⁽³⁾
Residencial Vivienda	
Columna seca ⁽⁴⁾	Si la altura de evacuación excede de 24 m.
Sistema de detección y de alarma de incendio	Si la altura de evacuación excede de 50 m. ⁽⁷⁾
Ascensor de emergencia ⁽²⁾	En las plantas cuya altura de evacuación exceda de 35 m.
Hidrantes exteriores	Uno si la superficie total construida esté comprendida entre 5.000 y 10.000 m ² . Uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. ⁽⁴⁾

Figura 8.7. Dimensionado de la dotación de instalaciones de protección contra incendios.

Según la tabla los extintores portátiles se instalarán cada 15 metros, los demás elementos no serán necesarios pues la altura de evacuación y la superficie total construida son inferiores al límite. El modelo de extintor elegido es el siguiente:



Figura 8.8. Extintores de polvo ABC.

Extintor de polvo ABC: Teniendo en cuenta que la principal materia inflamable será madera (debido a la gran cantidad de muebles en la vivienda) en un porcentaje superior al 90%, se elegirán extintores de polvo ABC de clase A, para sólidos inflamables, de 9 L de capacidad. El modelo escogido es el Amercex Corporation 564.

Lower initial cost and lower costs to maintain															
AGENT TYPE	ABC DRY CHEMICAL			REGULAR DRY CHEMICAL			PURPLE K DRY CHEMICAL			ABC DRY CHEMICAL			PURPLE K DRY CHEMICAL		
PERFORMANCE	FAST FLOW												COMPLIANCE FLOW		
VALVE TYPE	CHROME PLATED BRASS WITH GAUGE GUARD														
DESIGN	HOSE & NOZZLE														
MODEL NUMBER	594	581	567	582	568	595	580	584	569	592	564	589	599	566	591
UL & ULC RATING	2A:40B:C	4A:40B:C	4A:40B:C	40B:C	40B:C	40B:C	40B:C	20B:C	40B:C	4A:80B:C	10A:120B:C	10A:160B:C	80B:C	120B:C	160B:C
CAPACITY (LBS./KG)	13.2/6	20/9	30/13.6	20/9	30/13.6	13.2/6	20/9	20/9	30/13.6	13.2/6	20/9	30/13.6	13.2/6	20/9	30/13.6
SHIPPING WT. (LBS.)	31	42.5	58	42.5	58	31	42.5	42.5	58	31	42.5	58	31	42.5	58
HEIGHT (IN.)	17.5	24.75	26.5	24.75	26.5	17.5	24.75	24.75	26.5	17.5	24.75	26.5	17.5	24.75	26.5
WIDTH (IN.)	10.5	10.5	11	10.5	11	10.5	10.5	10.5	11	10.5	10.5	11	10.5	10.5	11
DEPTH (IN.)	7	7	8	7	8	7	7	7	8	7	7	8	7	7	8
RANGE (INITIAL-FT)	40-50			40-50			40-50			40-50			40-50		
DISCHARGE TIME (SEC.)	15	18	21	15	17	15	15	10	16	22	30	34	22	29	34
AVERAGE DISCHARGE RATE (LBS./SEC.)	.94	1.20	1.60	1.40	1.76	.94	1.44	2.00	1.88	.59	.65	.95	.61	.67	.81
INCLUDED BRACKET	WALL			WALL			WALL			WALL			WALL		

Figura 8.9. Características técnicas del modelo de extintor de polvo ABC escogido.

8.7. RESUMEN DE LOS RESULTADOS

La vivienda actual tiene una superficie total de $146,4 \text{ m}^2$ dividida en 3 plantas. El dimensionado de la instalación de protección contra incendios sigue la normativa del Código Técnico de Edificación (CTE).

El edificio tiene un uso previsto de residencial vivienda con un riesgo intrínseco medio y con un máximo de ocupación de 7 personas (1 persona cada 20 m^2). Constará de una salida de evacuación en la planta baja y el recorrido de evacuación será inferior a 50 m.

También se ha comprobado que las puertas (entre 0,8 metros y 1 metro) y las escaleras (entre 0,8 metros y 0,9 metros) cumplen con la normativa de dimensionado mínimo y que la altura total del edificio (9 metros) es inferior al límite de 14 metros para escaleras no protegidas.

Por último se ha dimensionado la dotación de instalaciones de protección contra incendios con 3 extintores, uno en cada planta, con una separación entre extintores no superior a 15 metros.

Destacar que en el caso de que se realice la reforma prevista se añadirá una salida de evacuación, la ocupación máxima aumentará a un total de 9 personas y se añadirá un extintor a la nueva planta.

9. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

9.1. APARCAMIENTO

Para dimensionar el aparcamiento se ha utilizado el punto 5.7 de la tabla 5.5 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

5.7 Aparcamientos públicos (interior)

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
5.7.1	Rampas de acceso o salida (de día)	300	25	20	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se reconocerán los colores de seguridad
5.7.2	Rampas de acceso o salida (de noche)	75	25	20	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se reconocerán los colores de seguridad
5.7.3	Calles de circulación	75	25	20	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se reconocerán los colores de seguridad
5.7.4	Áreas de aparcamiento	75	-	20	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se reconocerán los colores de seguridad 3. Una elevada iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y por ello la sensación de seguridad
5.7.5	Caja	300	19	80	1. Evitar reflejos en las ventanas 2. Impedir el deslumbramiento desde el exterior

Figura 9.1. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L(m)	A (m)	H (m)
4,77	7,81	2,5

Tabla 9.1. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el aparcamiento es 1,185.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.2. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K superior a 1 e inferior a 2, se consideran 9 puntos en el proyecto.

El aparcamiento consta de un vehículo, una mesa, una silla, una estantería y un armario, además de tres luminarias empotradas en el techo.

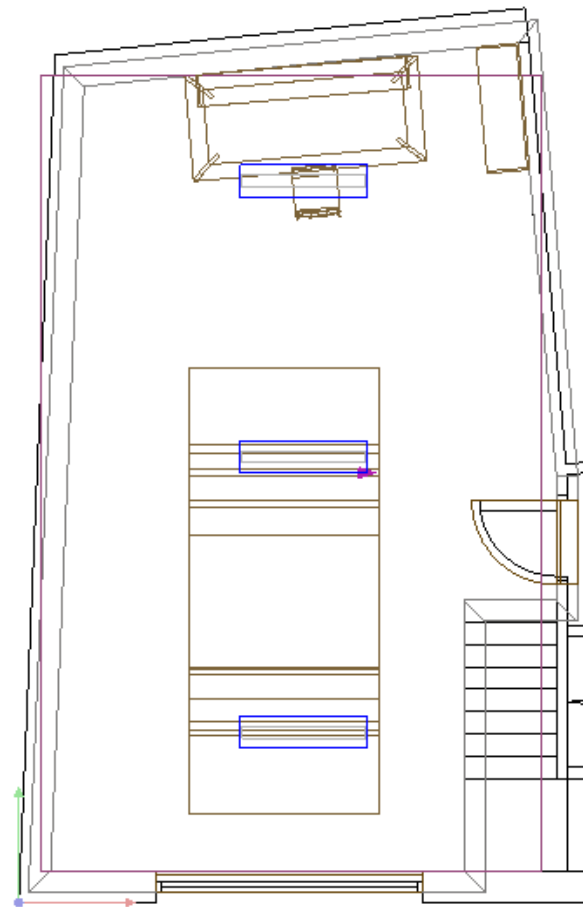


Figura 9.2. Plano del aparcamiento de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo RC120B W30L120 1XLED37S/840 y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

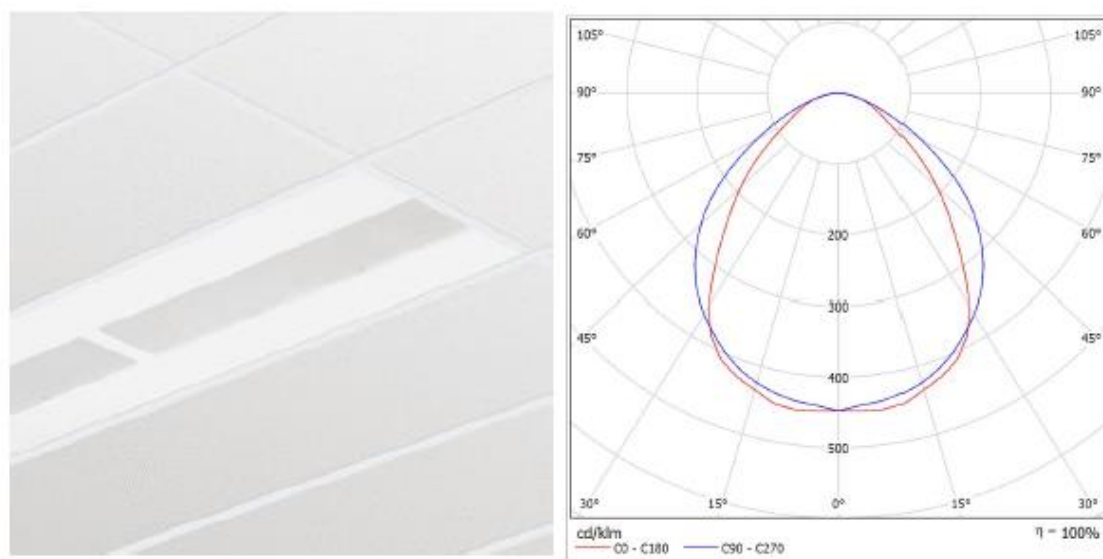


Figura 9.3. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

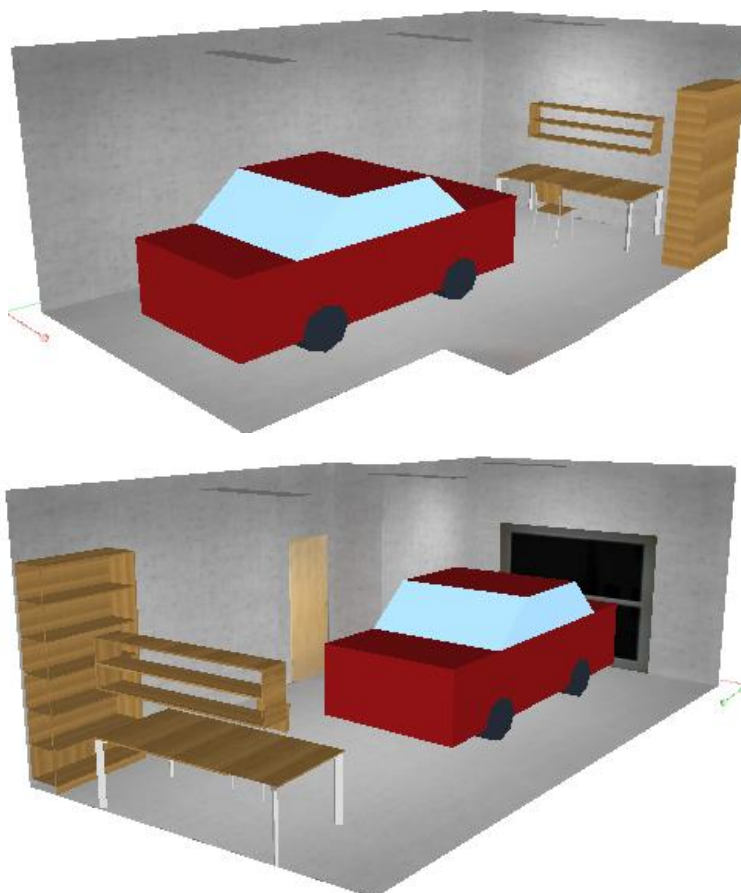


Figura 9.4. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

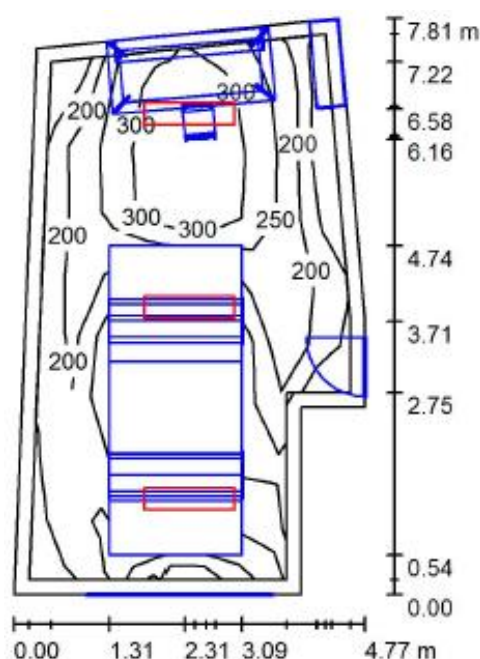


Figura 9.5. Plano del aparcamiento con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:101

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	243	137	360	0.563
Suelo	49	214	118	282	0.553
Techo	70	81	54	102	0.669
Paredes (7)	54	127	57	247	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 9 x 9 Puntos
Zona marginal: 0.200 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	Philips RC120B W30L120 1xLED37S/840 (1.000)	3700	3700	42.0
Total:			11100	Total: 11100	126.0

Valor de eficiencia energética: $3.92 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 32.12 m^2)

Figura 9.6. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 11100 lm
Potencia total: 126.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.200 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx] directo	indirecto	total	Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
Plano útil	179	64	243	/	/
Suelo	149	65	214	49	33
Techo	0.01	81	81	70	18
Pared 1	42	69	111	54	19
Pared 2	77	69	146	54	25
Pared 3	25	71	96	54	17
Pared 4	33	71	103	54	18
Pared 5	52	77	129	54	22
Pared 6	67	76	144	54	25
Pared 7	52	75	126	54	22

Simetrías en el plano útil
 E_{\min} / E_{\max} : 0.563 (1:2)
 E_{\min} / E_{\max} : 0.380 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $3.92 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 32.12 m^2)

Figura 9.7. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia:

Índice del local	1,185
Número de puntos considerados	9
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida Em	243 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	21 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$1,61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$
Potencias de los conjuntos	126 W
Uniformidad	0,563

Tabla 9.3. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.2. CUARTOS DE ASEO

Para dimensionar los aseos se ha utilizado el punto 1.2 de la tabla 5.1 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

1.2 Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios					
Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L -	R _a -	Observaciones
1.2.1	Cantinas, despensas	200	22	80	
1.2.2	Salas de descanso	100	22	80	
1.2.3	Salas de ejercicios físicos	300	22	80	
1.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80	
1.2.5	Enfermería	500	19	80	
1.2.6	Salas para atención médica	500	16	90	T _{cp} ≥ 4000 K

Figura 9.8. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

9.2.1. Cuarto de aseo 1

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L(m)	A (m)	H (m)
2,20	1,43	2,5

Tabla 9.4. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local del primer aseo es 0,347.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.5. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

El aseo está formado por un lavamanos y un váter, además de una luminaria downlight empotrada en el techo.

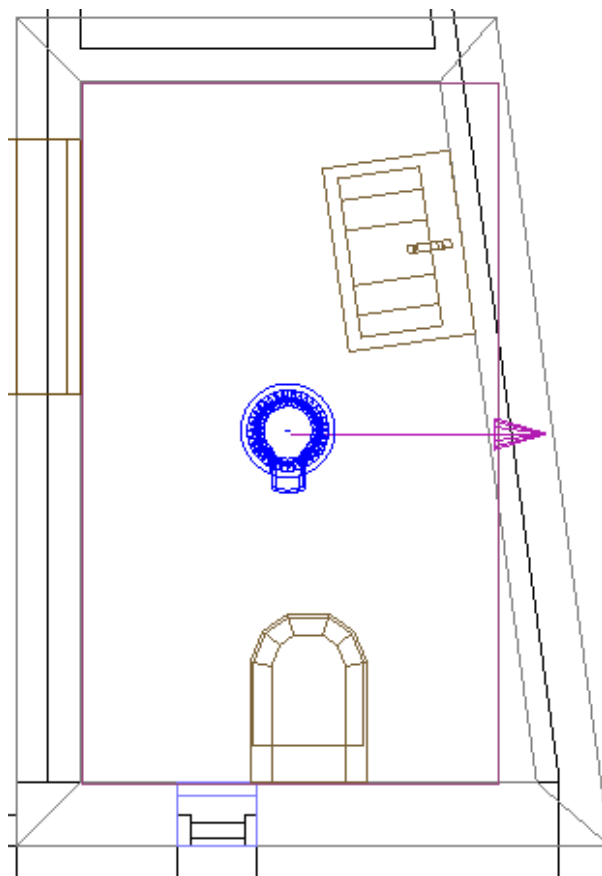


Figura 9.9. Plano del primer aseo de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

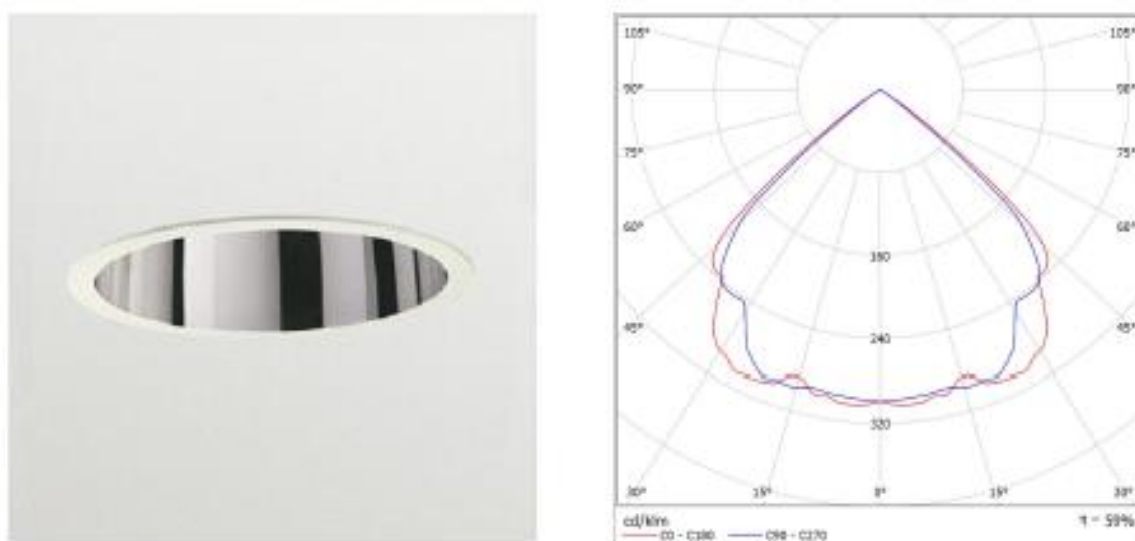


Figura 9.10. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.11. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

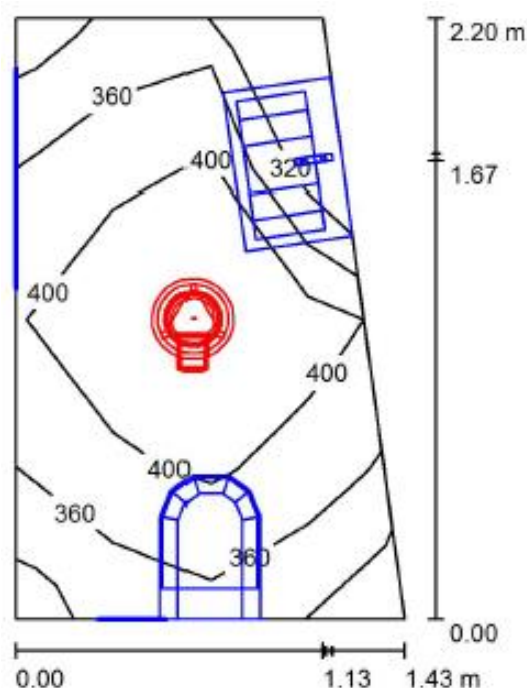


Figura 9.12. Plano del primer aseo con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:29

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	392	306	465	0.783
Suelo	30	216	79	264	0.367
Techo	70	139	104	173	0.746
Paredes (4)	61	237	41	981	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			3186	5400	98.4

Valor de eficiencia energética: $35.01 \text{ W/m}^2 = 8.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.81 m^2)

Figura 9.13. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 3186 lm
 Potencia total: 98.4 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx] directo	indirecto	total	Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
Plano útil	234	157	392	/	/
Suelo	113	103	216	30	21
Techo	0.00	139	139	70	31
Pared 1	80	130	210	61	41
Pared 2	115	134	248	61	48
Pared 3	86	130	215	61	42
Pared 4	119	136	255	61	50

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.783 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.659 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $35.01 \text{ W/m}^2 = 8.94 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.81 m^2)

Figura 9.14. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,347
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida Em	392 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	8,94 W/m ² /100lx
Potencias de los conjuntos	98,4 W
Uniformidad	0,783

Tabla 9.6. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.2.2. Cuarto de aseo 2

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
2,16	1,67	2,5

Tabla 9.7. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el segundo aseo es 0,377.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.8. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

El aseo está formado por un lavamanos, una bañera y un váter, además de una luminaria downlight empotrada en el techo.

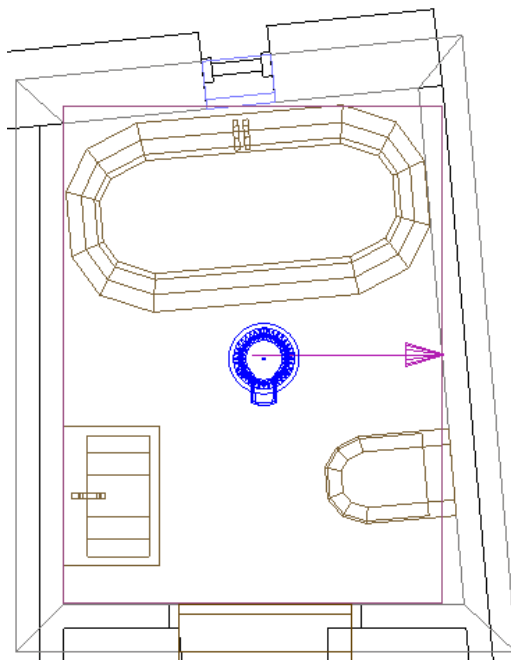


Figura 9.15. Plano del segundo aseo de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

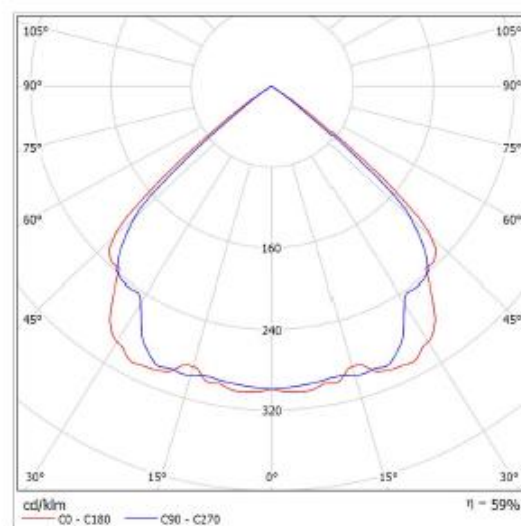


Figura 9.16. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.17. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

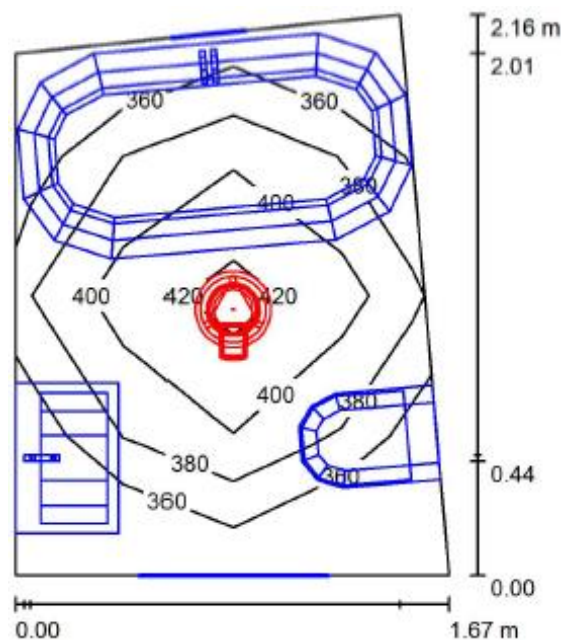


Figura 9.18. *Plano del segundo aseo con los valores de distribución de la iluminación.*

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:28

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	387	341	432	0.883
Suelo	30	141	6.26	253	0.044
Techo	73	128	95	150	0.740
Paredes (4)	61	214	22	730	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
			Total: 3186	Total: 5400	98.4

Valor de eficiencia energética: $29.92 \text{ W/m}^2 = 7.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.29 m^2)

Flujo luminoso total: 3186 lm
Potencia total: 98.4 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m^2]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	236	151	387	/	/
Suelo	72	69	141	30	13
Techo	0.00	128	128	73	30
Pared 1	71	123	193	61	38
Pared 2	106	123	229	61	44
Pared 3	78	124	202	61	39
Pared 4	98	125	222	61	43

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.883 (1:1)
 E_{min} / E_{max} : 0.790 (1:1)

Valor de eficiencia energética: $29.92 \text{ W/m}^2 = 7.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.29 m^2)

Figura 9.19. Resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,377
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E _m	387 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	7,74 W/m ² /100lx
Potencias de los conjuntos	98,4 W
Uniformidad	0,883

Tabla 9.9. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.3. ÁREA DE BATERÍAS

Para dimensionar el cuarto de baterías se ha utilizado el punto 1.3 de la tabla 5.1 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

1.3 Salas de control

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
1.3.1	Salas de fábrica, salas de mecanismos	200	25	60	
1.3.2	Sala de fax, correos, cuadro de contadores	500	19	80	

Figura 9.20. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
1,8	0,85	2,5

Tabla 9.10. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el aparcamiento es 0,231.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.11. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por un cuadro de baterías, además de una luminaria downlight empotrada en el techo.

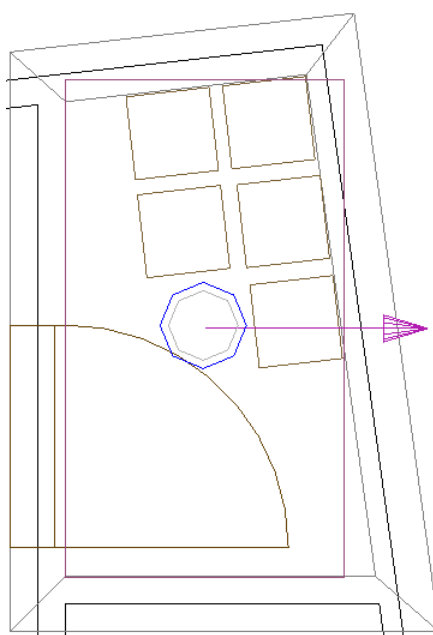


Figura 9.21. Plano del área de baterías de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo BPK561 1xDLM3000/840 y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

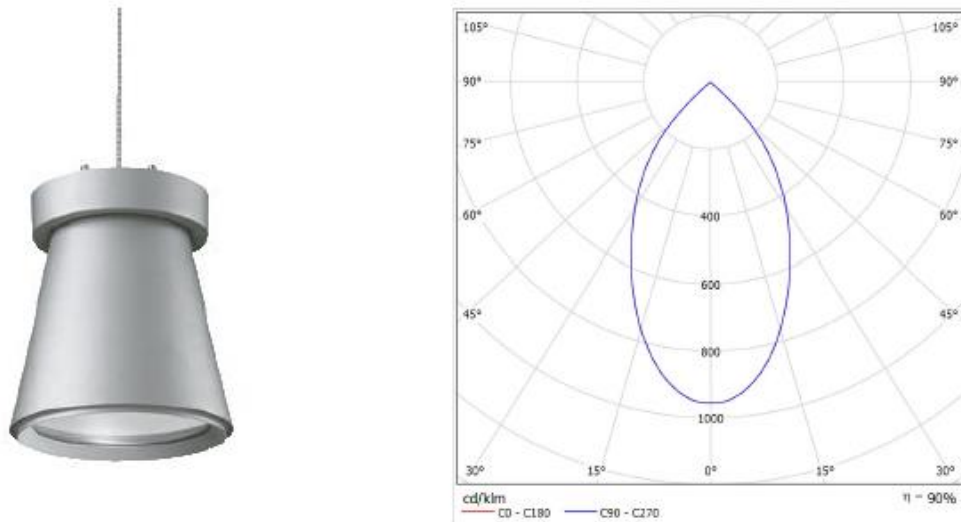


Figura 9.22. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.23. Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

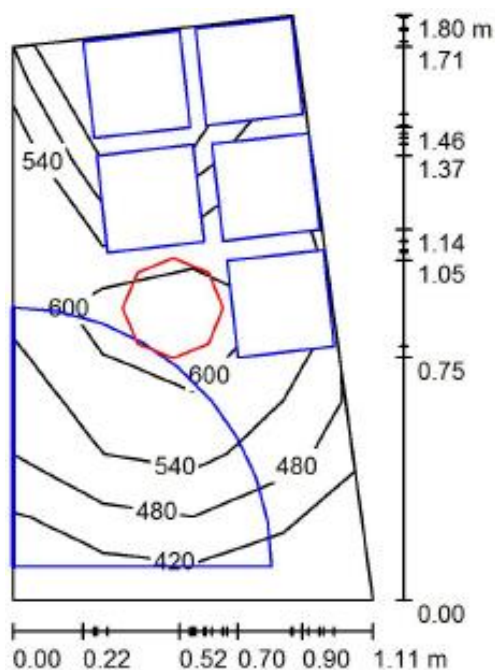


Figura 9.24. Plano del área de baterías con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.200 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:24

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	537	414	674	0.772
Suelo	30	332	256	392	0.772
Techo	73	84	61	101	0.726
Paredes (4)	50	210	59	807	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips BPK561 1xDLM3000/840 (1.000)	2700	3000	46.0
Total:			2700	3000	46.0

Valor de eficiencia energética: $26.42 \text{ W/m}^2 = 4.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 1.74 m^2)

Figura 9.25. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 2700 lm
Potencia total: 46.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	415	122	537	/	/
Suelo	236	96	332	30	32
Techo	0.00	84	84	73	20
Pared 1	80	103	183	50	29
Pared 2	115	108	223	50	36
Pared 3	91	104	195	50	31
Pared 4	118	103	221	50	35

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.772 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.615 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $26.42 \text{ W/m}^2 = 4.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 1.74 m^2)

Figura 9.26. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,231
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	537 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$4,92 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	46 W
Uniformidad	0,772

Tabla 9.12. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.4. PLACETAS Y RECIBIDOR

Para dimensionar el recibidor y las áreas de circulación se ha utilizado el punto 1.1 de la tabla 5.1 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _s	Observaciones
1.1.1	Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	1. Iluminancia al nivel del suelo 2. R _s y UGR similares a áreas adyacentes 3. 150 lux si hay vehículos en el recorrido 4. El alumbrado de salidas y entradas proporcionará una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche 5. Debe tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento de conductor y peatones
1.1.2	Escaleras, ascensores, plataformas	150	25	40	
1.1.3	Rampas/tramos de carga	150	25	40	

Figura 9.27. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

9.4.1. Recibidor planta baja

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
2,33	4,00	2,5

Tabla 9.13. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el recibidor es 0,589.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.14. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por una mesa y unas escaleras, además de dos luminarias downlight empotradas en el techo.

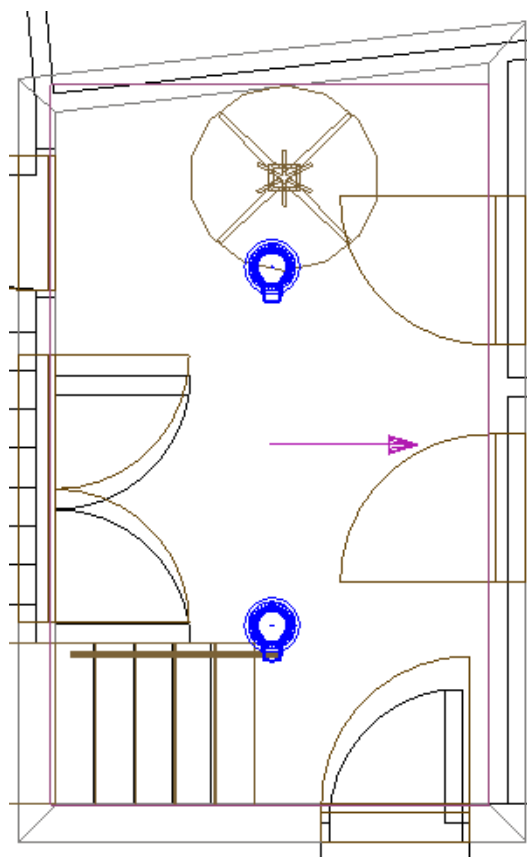


Figura 9.28. Plano del recibidor de la planta baja de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

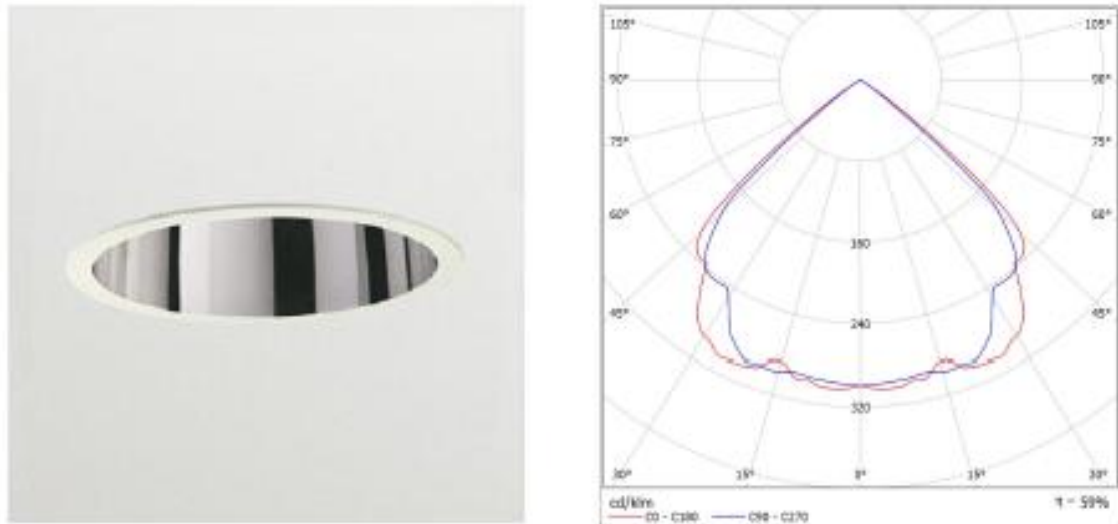


Figura 9.29. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

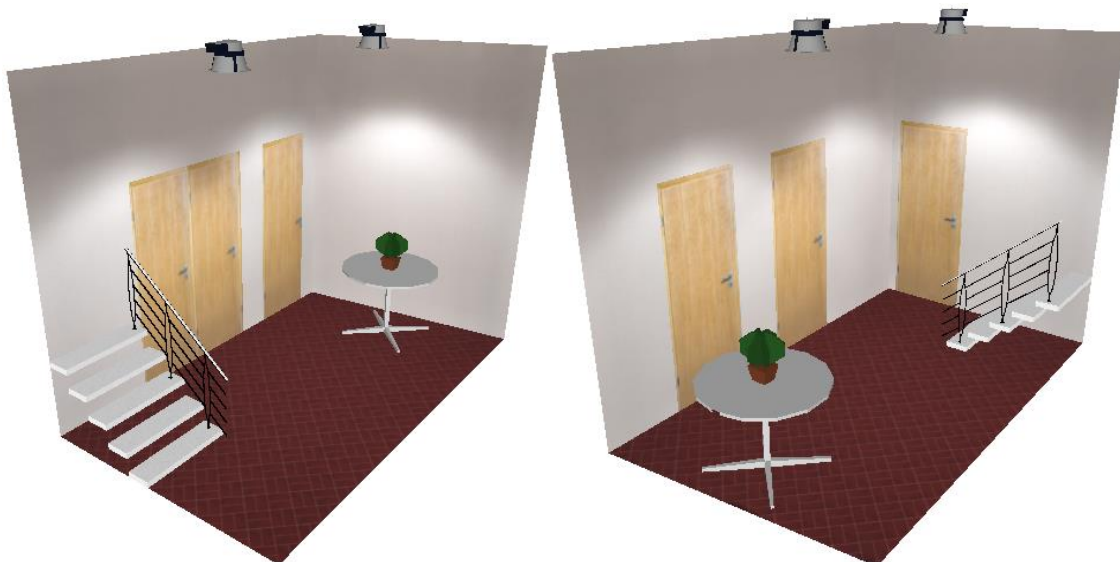


Figura 9.30. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

Flujo luminoso total: 6372 lm
Potencia total: 196.8 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.100 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	320	91	411	/	/
Suelo	198	98	296	30	28
Techo	0.00	82	82	85	22
Pared 1	77	87	164	50	26
Pared 2	86	91	177	50	28
Pared 3	70	85	155	50	25
Pared 4	80	87	167	50	27

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.818 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.710 (1:1)

Valor de eficiencia energética: $21.82 \text{ W/m}^2 = 5.32 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 9.02 m^2)

Figura 9.33. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,589
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	411 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color R_a	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$5,32 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	196,8 W
Uniformidad	0,818

Tabla 9.15. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.4.2. Área de circulación de la primera planta

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
1,84	2,77	2,5

Tabla 9.16. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local del área de circulación es 0,442.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.17. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área consta de una mesa y una luminaria downlight empotrada en el techo.

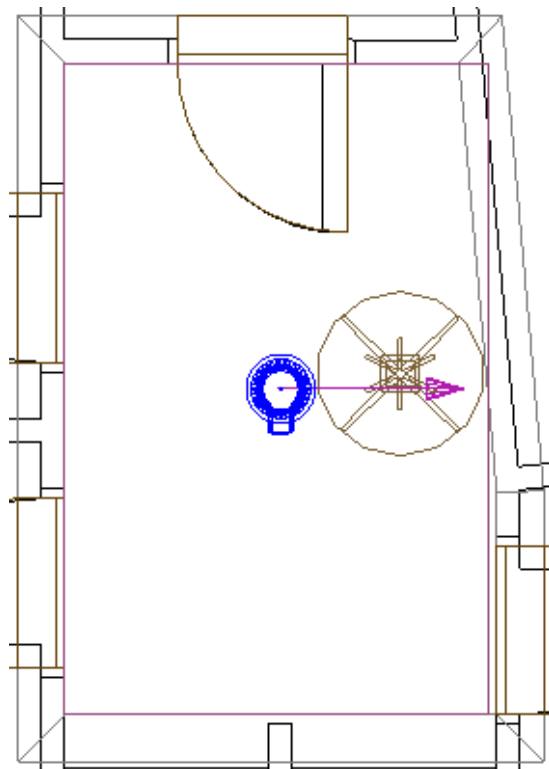


Figura 9.34. Plano del área de circulación de la primera planta de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

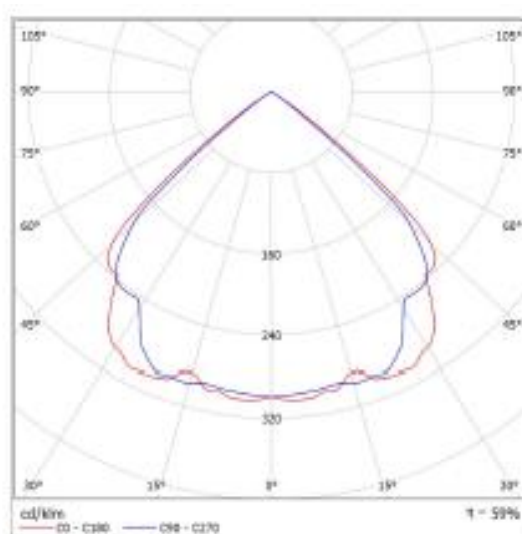


Figura 9.35. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

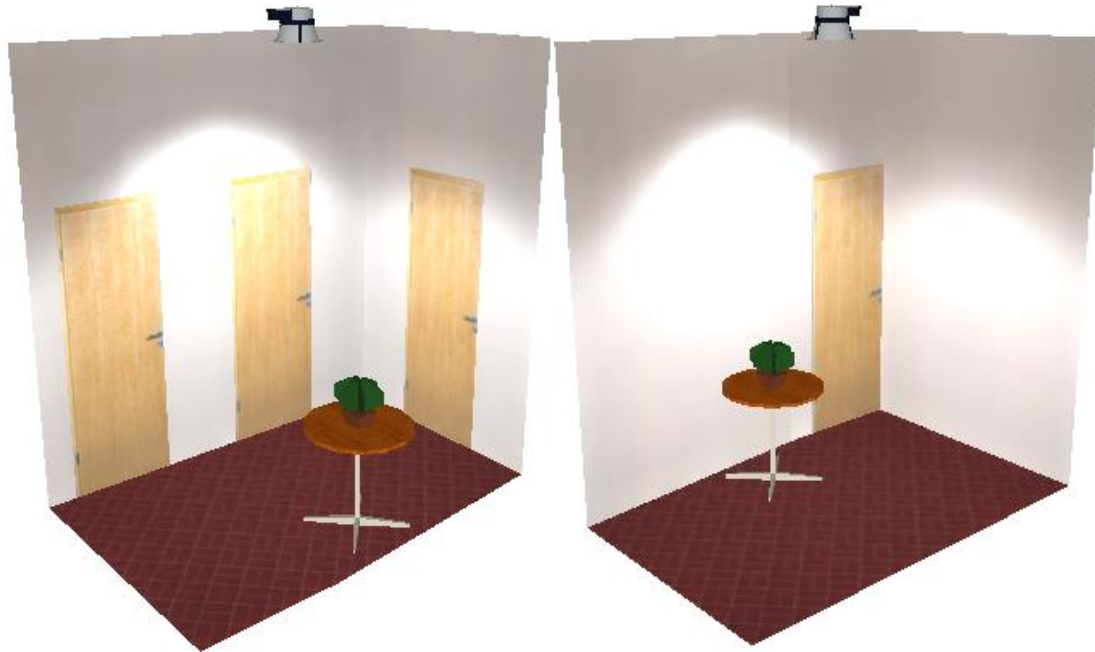


Figura 9.36. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

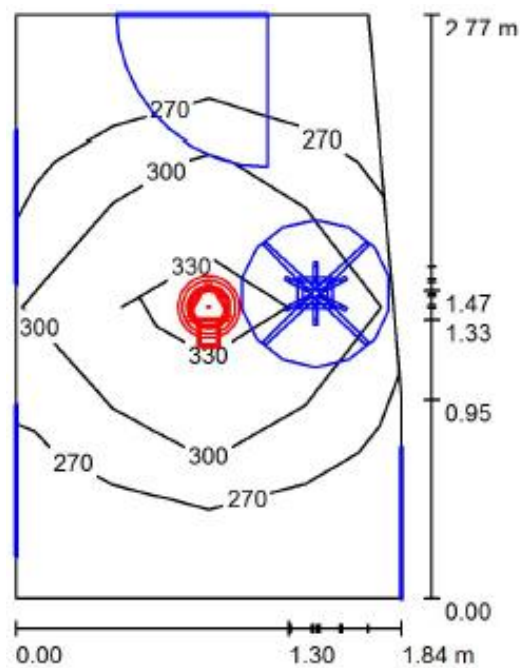


Figura 9.37. *Plano del área de circulación de la primera planta con los valores de distribución de la iluminación.*

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:36

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	293	240	346	0.820
Suelo	30	194	154	217	0.791
Techo	70	59	44	73	0.738
Paredes (5)	50	130	43	500	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			3186	5400	98.4

Valor de eficiencia energética: $19.84 \text{ W/m}^2 = 6.77 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.96 m^2)

Flujo luminoso total: 3186 lm

Potencia total: 98.4 W

Factor mantenimiento: 0.80

Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m^2]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	217	76	293	/	/
Suelo	124	70	194	30	19
Techo	0.00	59	59	70	13
Pared 1	56	67	123	50	20
Pared 2	48	60	108	50	17
Pared 3	96	69	165	50	26
Pared 4	44	64	108	50	17
Pared 5	69	63	132	50	21

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.820 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.694 (1:1)

Valor de eficiencia energética: $19.84 \text{ W/m}^2 = 6.77 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.96 m^2)

Figura 9.38. Resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,442
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida Em	293 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	6,77 W/m ² /100lx
Potencias de los conjuntos	98,4 W
Uniformidad	0,820

Tabla 9.18. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.4.3. Área de circulación de la segunda planta

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
1,84	3,04	2,5

Tabla 9.19. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local del área de circulación es 0,458.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.20. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área consta de una luminaria downlight empotrada en el techo.

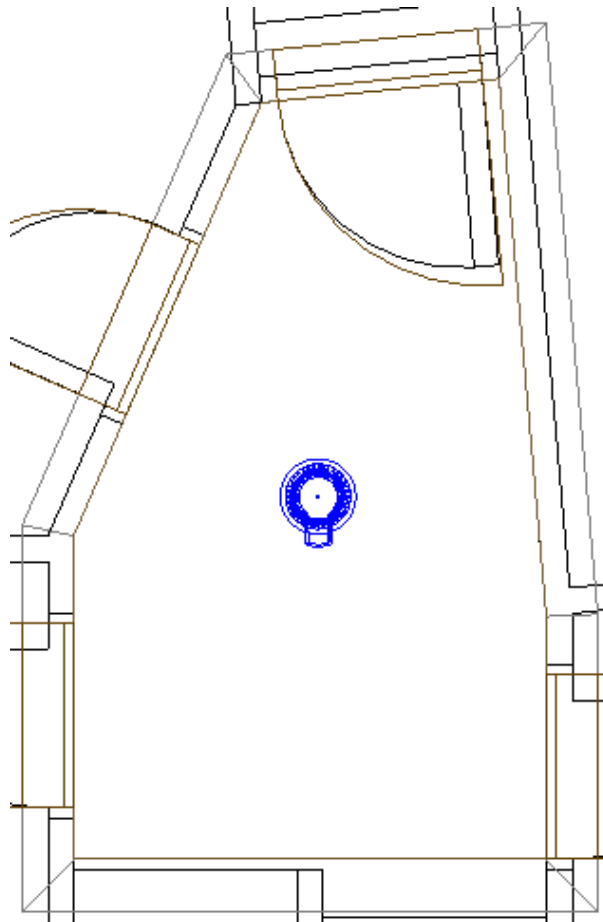


Figura 9.39. Plano del área de circulación de la segunda planta de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

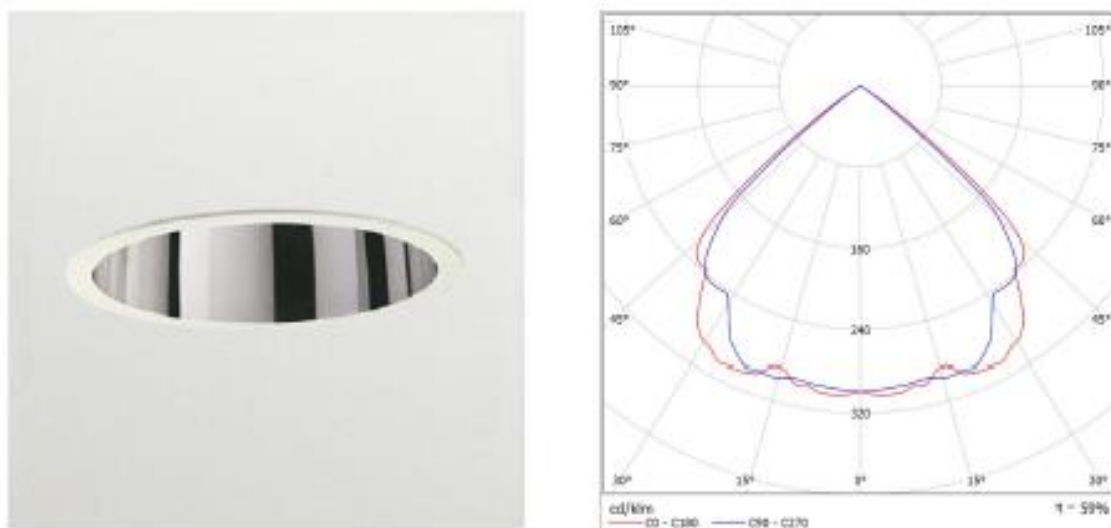


Figura 9.40. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.41. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

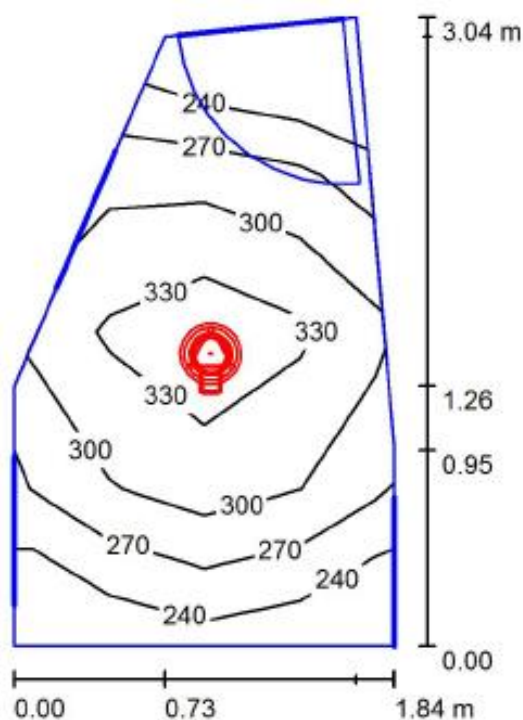


Figura 9.42. Plano del área de circulación de la segunda planta con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:40

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	299	223	364	0.747
Suelo	50	204	161	230	0.791
Techo	70	73	56	92	0.761
Paredes (6)	50	147	50	571	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			3186	5400	98.4

Valor de eficiencia energética: $21.06 \text{ W/m}^2 = 7.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.67 m^2)

Figura 9.43. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 3186 lm
Potencia total: 98.4 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	213	86	299	/	/
Suelo	123	80	204	50	32
Techo	0.00	73	73	70	16
Pared 1	63	76	138	50	22
Pared 2	54	82	137	50	22
Pared 3	46	79	125	50	20
Pared 4	91	84	174	50	28
Pared 5	21	66	88	50	14
Pared 6	94	79	173	50	28

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.747 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.613 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $21.06 \text{ W/m}^2 = 7.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.67 m^2)

Figura 9.44. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,458
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	299 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$7,05 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	98,4 W
Uniformidad	0,747

Tabla 9.21. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.5. DORMITORIOS

Para dimensionar los dormitorios de la vivienda se ha utilizado el punto 1.2 de la tabla 5.1 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

1.2 Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L -	R _a -	Observaciones
1.2.1	Cantinas, despensas	200	22	80	
1.2.2	Salas de descanso	100	22	80	
1.2.3	Salas de ejercicios físicos	300	22	80	
1.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80	
1.2.5	Enfermería	500	19	80	
1.2.6	Salas para atención médica	500	16	90	T _{CP} ≥ 4000 K

Figura 9.45. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

9.5.1. Dormitorio 1

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
2,65	3,61	2,5

Tabla 9.22. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el dormitorio es 0,611.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.23. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por una cama, dos armarios y una mesilla de noche, además de dos luminarias downlight empotradas en el techo.

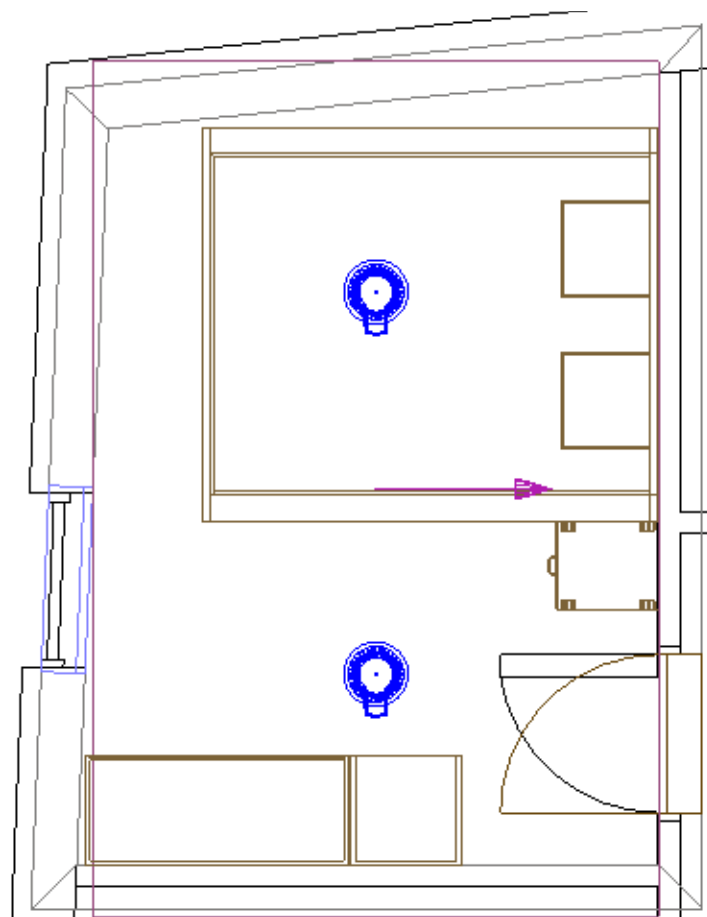


Figura 9.46. Plano del primer dormitorio de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

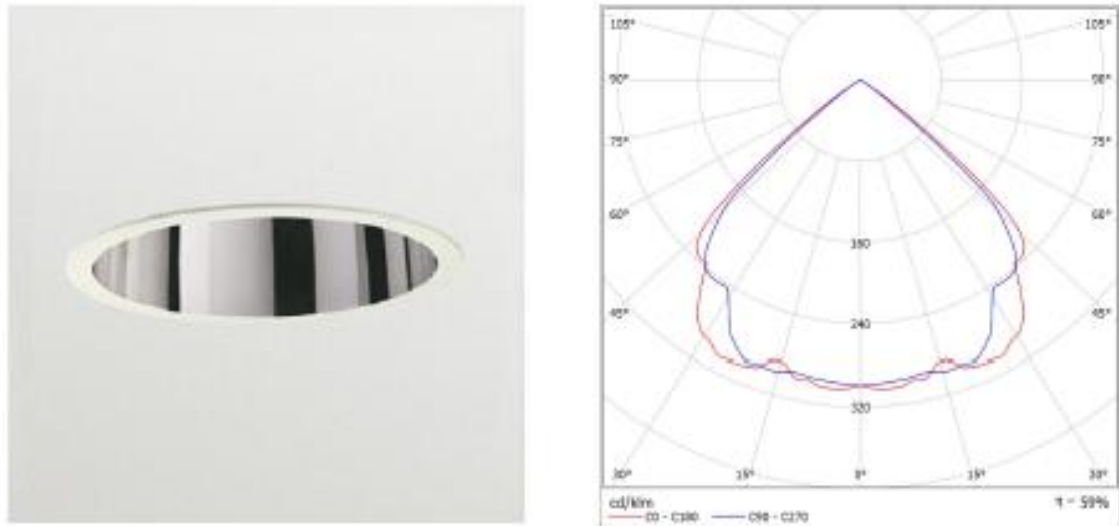


Figura 9.47. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.48. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

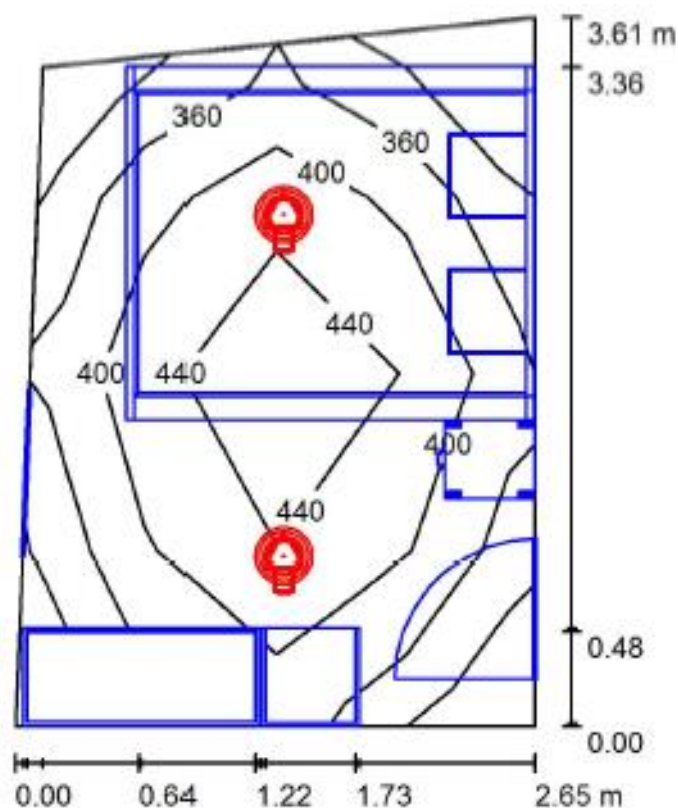


Figura 9.49. Plano del primer dormitorio con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	402	316	474	0.787
Suelo	30	290	227	335	0.782
Techo	70	74	52	87	0.706
Paredes (4)	50	168	52	482	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			6372	10800	196.8

Valor de eficiencia energética: $21.87 \text{ W/m}^2 = 5.44 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 9.00 m^2)

Figura 9.50. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 6372 lm
Potencia total: 196.8 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]	Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]		
	directo	indirecto	total		
Plano útil	326	76	402	/	/
Suelo	204	86	290	30	28
Techo	0.00	74	74	70	17
Pared 1	91	79	170	50	27
Pared 2	83	78	161	50	26
Pared 3	94	79	174	50	28
Pared 4	86	82	168	50	27

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.787 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.668 (1:1)

Valor de eficiencia energética: $21.87 \text{ W/m}^2 = 5.44 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 9.00 m^2)

Figura 9.51. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,611
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	402 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$5,44 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	196,8 W
Uniformidad	0,787

Tabla 9.24. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.5.2. Dormitorio 2

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminaria

L (m)	A (m)	H (m)
2,83	3,94	2,5

Tabla 9.25. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el dormitorio es 0,659.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.26. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por dos camas, dos armarios y una mesilla de noche, además de dos luminarias downlight empotradas en el techo.

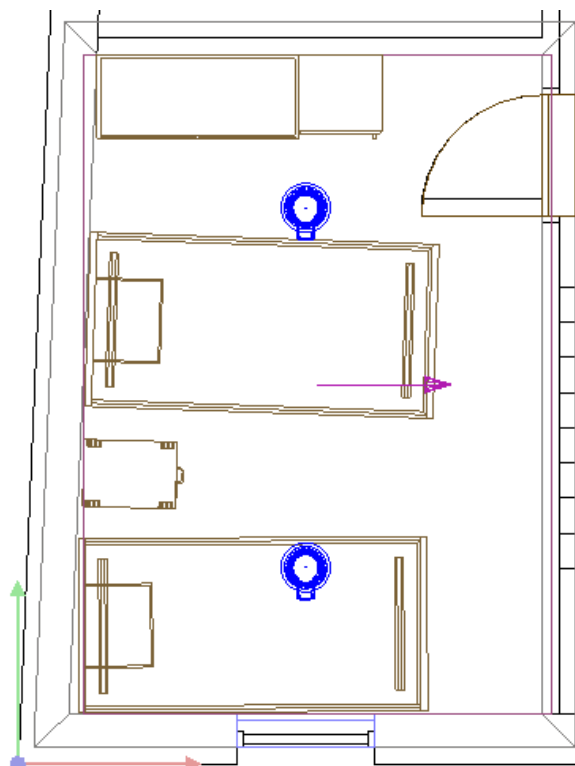


Figura 9.52. Plano del segundo dormitorio de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

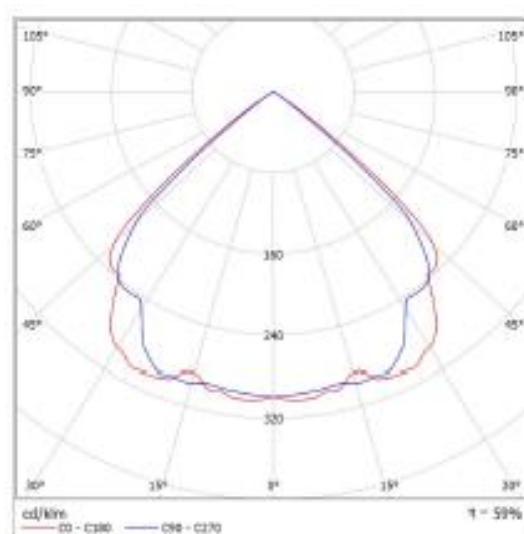


Figura 9.53. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:51

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	348	277	418	0.796
Suelo	30	260	201	306	0.772
Techo	70	64	47	76	0.725
Paredes (4)	50	142	45	458	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
			Total: 6372	Total: 10800	196.8

Valor de eficiencia energética: $18.24 \text{ W/m}^2 = 5.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 10.79 m^2)

Flujo luminoso total: 6372 lm
Potencia total: 196.8 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m^2]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	285	63	348	/	/
Suelo	188	72	260	30	25
Techo	0.00	64	64	70	14
Pared 1	73	67	140	50	22
Pared 2	68	66	134	50	21
Pared 3	82	68	150	50	24
Pared 4	77	69	146	50	23

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.796 (1:1)
 E_{min} / E_{max} : 0.664 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $18.24 \text{ W/m}^2 = 5.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 10.79 m^2)

Figura 9.56. Resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,659
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida Em	348 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	5,24 W/m ² /100lx
Potencias de los conjuntos	196,8 W
Uniformidad	0,796

Tabla 9.27. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.5.3. Dormitorio 3

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
2,83	3,93	2,5

Tabla 9.28. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el dormitorio es 0,659.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.29. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por dos camas, dos armarios y una mesilla de noche, además de dos luminarias downlight empotradas en el techo.

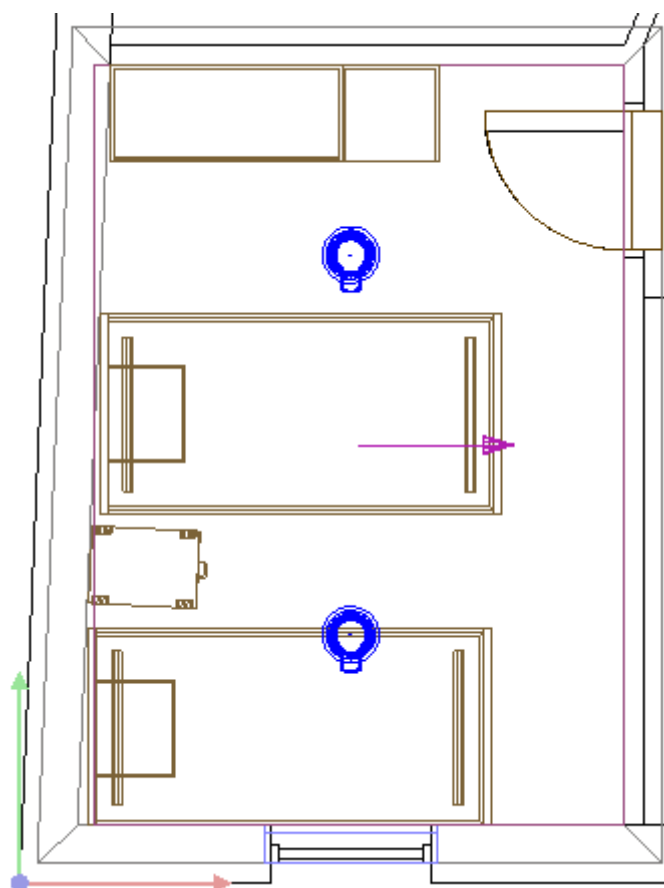


Figura 9.57. Plano del tercer dormitorio de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

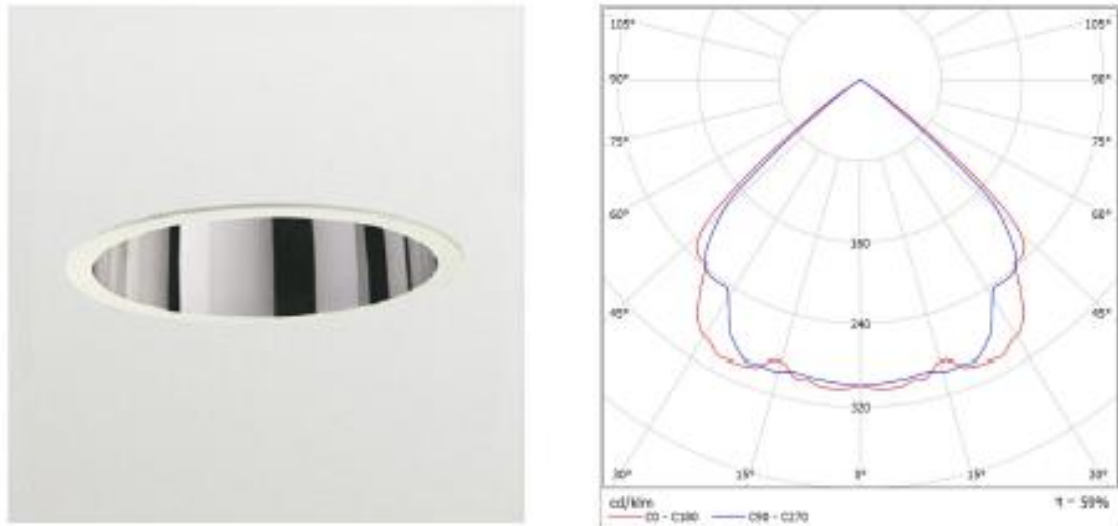


Figura 9.58. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

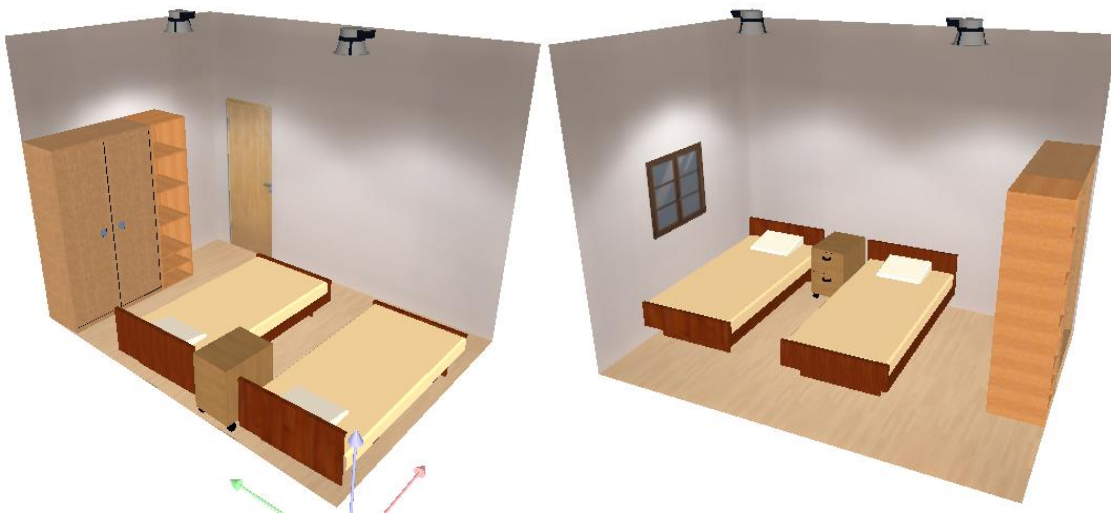


Figura 9.59. Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

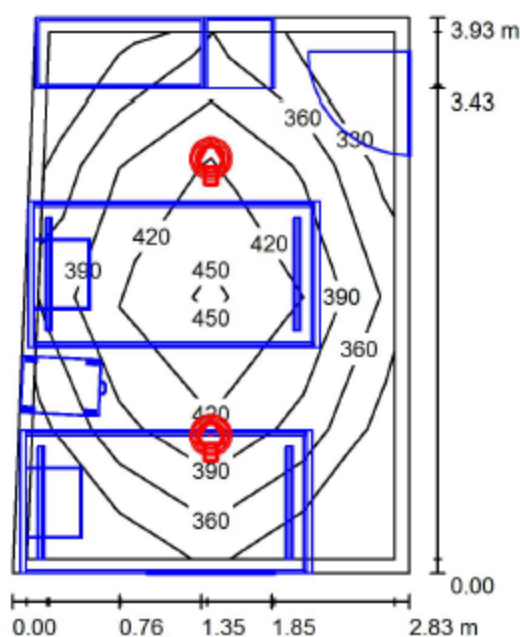


Figura 9.60. Plano del tercer dormitorio con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:51

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	386	310	455	0.804
Suelo	61	286	217	333	0.760
Techo	70	100	74	115	0.738
Paredes (4)	50	179	68	413	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.100 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
			Total: 6372	Total: 10800	196.8

Valor de eficiencia energética: $18.24 \text{ W/m}^2 = 4.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 10.79 m^2)

Figura 9.61. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 6372 lm
Potencia total: 196.8 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.100 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	306	79	386	/	/
Suelo	192	94	286	61	56
Techo	0.00	100	100	70	22
Pared 1	68	104	172	50	27
Pared 2	70	103	173	50	28
Pared 3	78	105	183	50	29
Pared 4	79	106	186	50	30

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.804 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.682 (1:1)

Valor de eficiencia energética: $18.24 \text{ W/m}^2 = 4.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 10.79 m^2)

Figura 9.62. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,658
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	386 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color R_a	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$4,73 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	196,8 W
Uniformidad	0,804

Tabla 9.30. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.5.4. Dormitorio 4

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
3,39	3,67	2,5

Tabla 9.31. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el dormitorio es 0,705.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.32. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por una cama, dos armarios y dos mesillas de noche, además de dos luminarias downlight empotradas en el techo.

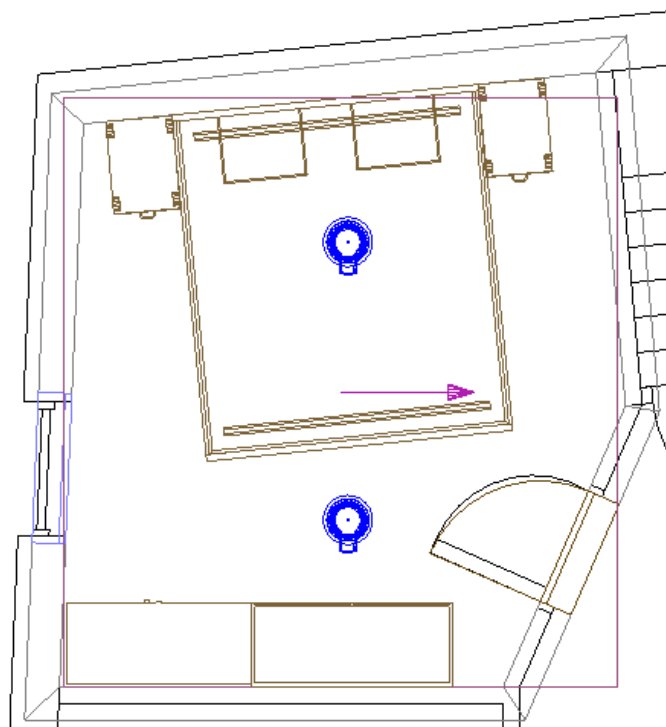


Figura 9.63. Plano del cuarto dormitorio de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

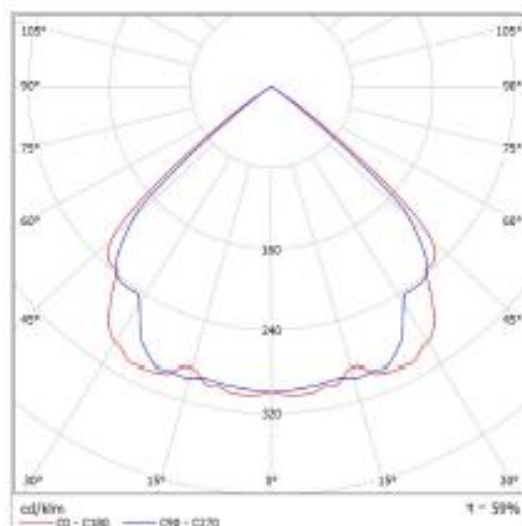


Figura 9.64. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.65. Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

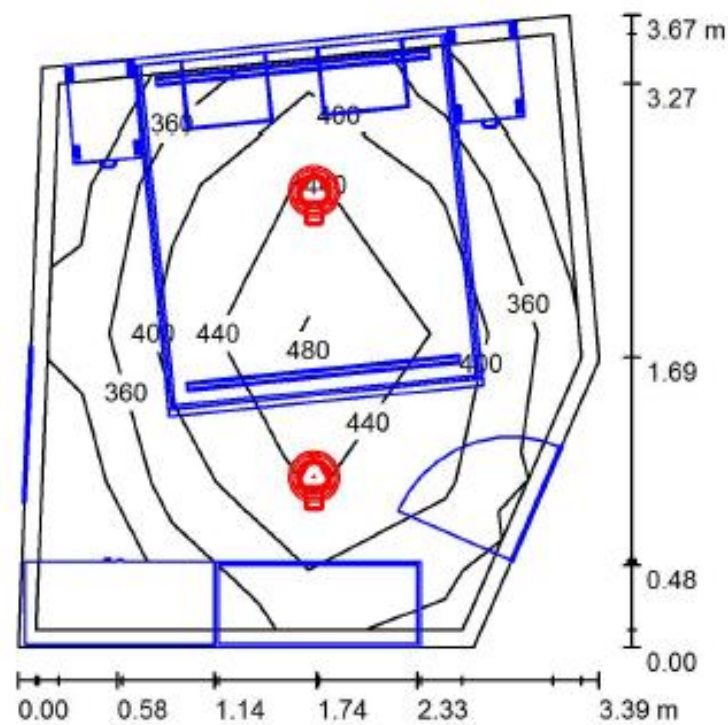


Figura 9.66. Plano del cuarto dormitorio con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:48

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	398	293	488	0.737
Suelo	61	298	217	344	0.728
Techo	70	105	77	122	0.733
Paredes (5)	50	183	69	513	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.100 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			6372	10800	196.8

Valor de eficiencia energética: $18.09 \text{ W/m}^2 = 4.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 10.88 m^2)

Flujo luminoso total: 6372 lm
Potencia total: 196.8 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.100 m

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	319	80	398	/	/
Suelo	199	100	298	61	58
Techo	0.00	105	105	70	23
Pared 1	79	107	186	50	30
Pared 2	71	110	180	50	29
Pared 3	69	109	178	50	28
Pared 4	86	111	197	50	31
Pared 5	62	111	173	50	28

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.737 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.601 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $18.09 \text{ W/m}^2 = 4.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 10.88 m^2)

Figura 9.67. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,705
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida Em	488 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	4,54 W/m ² /100lx
Potencias de los conjuntos	196,8 W
Uniformidad	0,737

Tabla 9.33. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.6. SALA DE DESCANSO

Para dimensionar la sala descanso se ha utilizado el punto 5.6 de la tabla 5.5 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

5.6 Librerías

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L -	R _a -	Observaciones
5.6.1	Estanterías	200	19	80	
5.6.2	Area de lectura	500	19	80	
5.6.3	Contadores	500	19	80	

Figura 9.68. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
3,83	4,10	2,5

Tabla 9.34. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local de la sala de descanso es 0,792.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.35. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por dos mesas de estudio, un área de lectura que consta de un sofá y una butaca y dos estanterías, además de cuatro luminarias downlight empotradas en el techo.

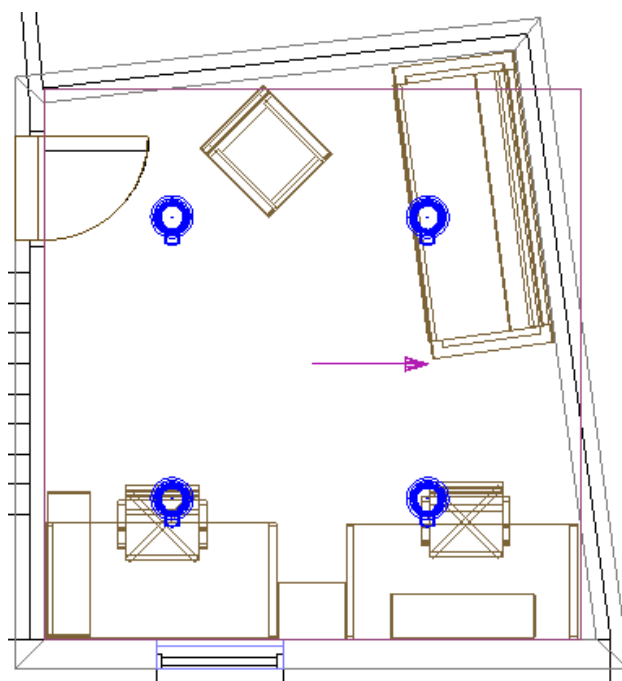


Figura 9.69. Plano de la sala de descanso de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

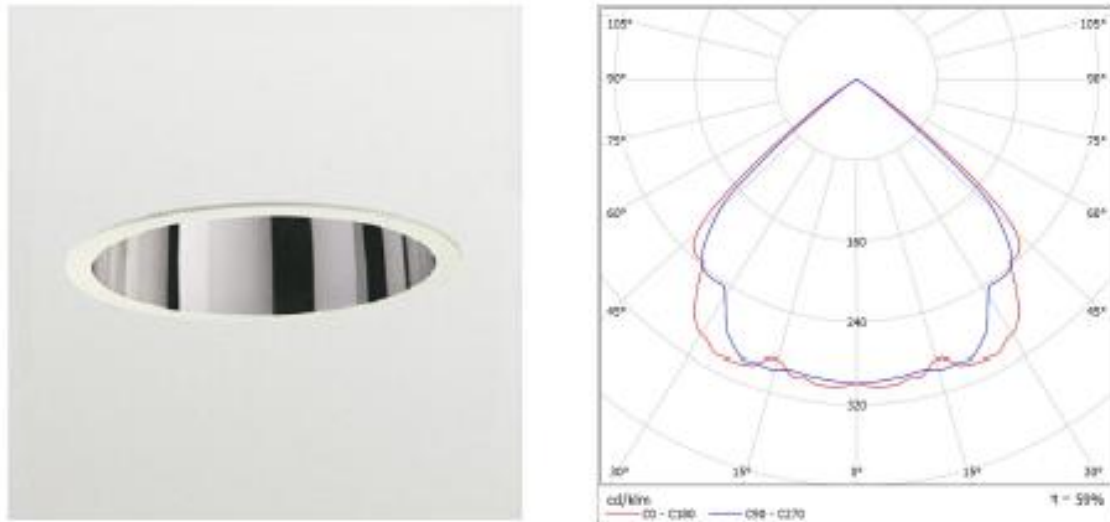


Figura 9.70. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

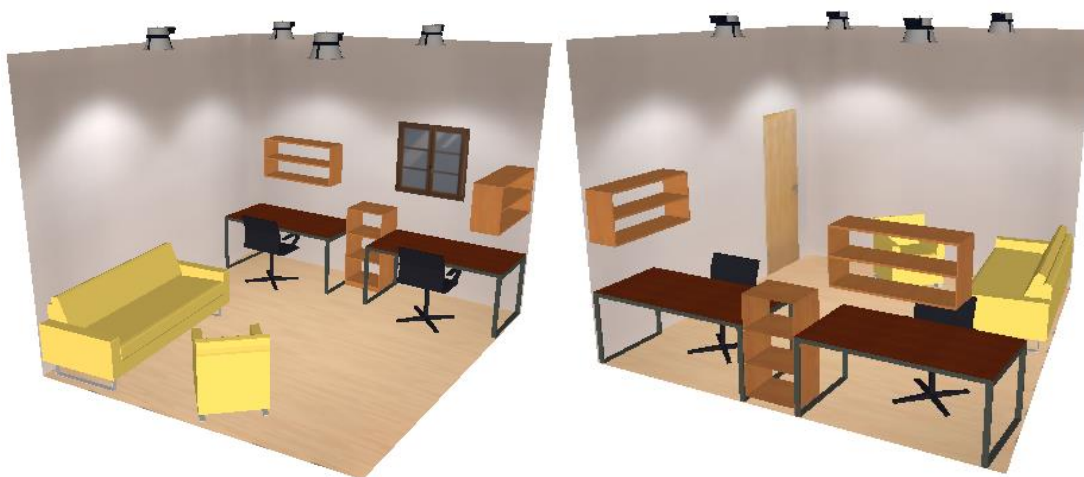


Figura 9.71. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

Flujo luminoso total: 12744 lm
Potencia total: 393.6 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	461	144	605	/	/
Suelo	332	160	492	61	96
Techo	0.00	187	187	70	42
Pared 1	108	185	293	50	47
Pared 2	129	189	318	50	51
Pared 3	122	195	317	50	50
Pared 4	132	182	313	50	50

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.747 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.597 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $28.19 \text{ W/m}^2 = 4.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.96 m^2)

Figura 9.74. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,792
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	605 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$4,66 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	343,6 W
Uniformidad	0,747

Tabla 9.36. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.7. COCINA

Para dimensionar la cocina se ha utilizado el punto 5.2 de la tabla 5.5 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1 [11]. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

5.2 Restaurantes y hoteles

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
5.2.1	Recepción/caja, conserjería	300	22	80	
5.2.2	Cocinas	550	22	80	Debe haber una zona de transición entre cocina y restaurante
5.2.3	Restaurante, comedor	-	-	80	El alumbrado debe ser diseñado para crear la atmósfera apropiada
5.2.4	Restaurante auto-servicio	200	22	80	
5.2.5	Buffet	300	22	80	
5.2.6	Sala de conferencias	500	19	80	El alumbrado debe ser controlable
5.2.7	Pasillos	100	25	80	Durante la noche son aceptables niveles

Figura 9.75. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
3,83	4,10	2,5

Tabla 9.37. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local de la sala de descanso es 0,792.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.38. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por una mesa, seis sillas, un armario, un televisor y una cocina, además de cuatro luminarias downlight empotradas en el techo.

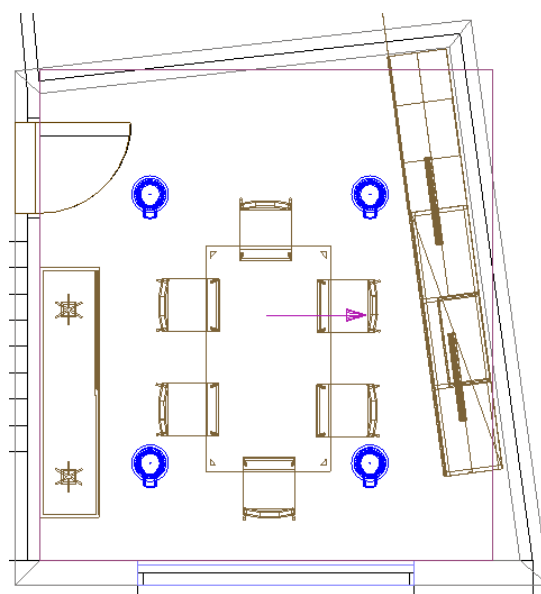


Figura 9.76. Plano de la cocina de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

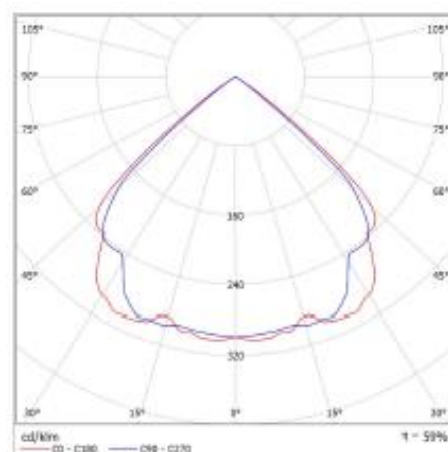


Figura 9.77. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

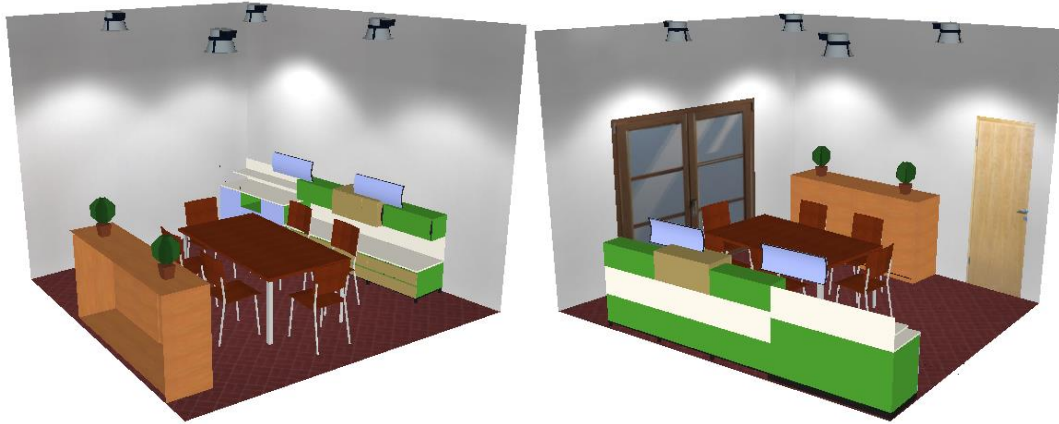


Figura 9.78. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

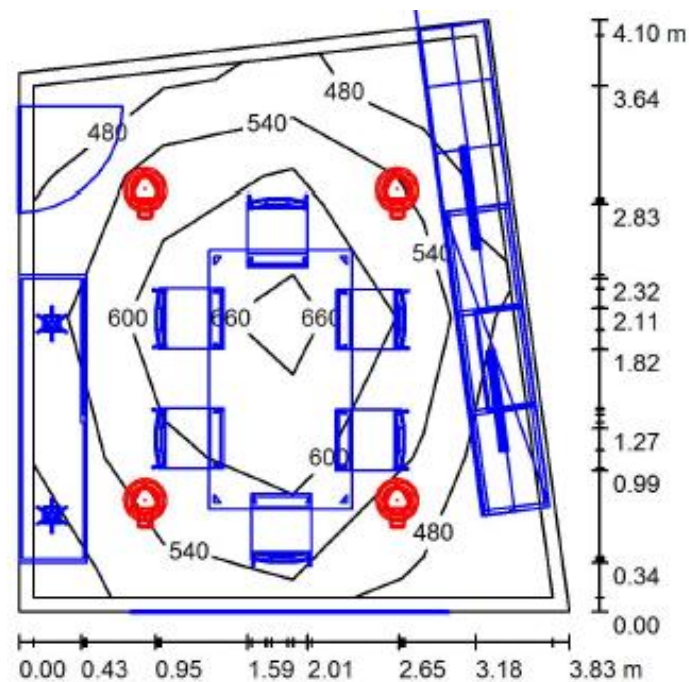


Figura 9.79. *Plano de la cocina con los valores de distribución de la iluminación.*

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.080 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:53

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	569	438	707	0.768
Suelo	30	440	304	526	0.691
Techo	70	102	75	119	0.731
Paredes (4)	50	215	73	636	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 4 x 4 Puntos
Zona marginal: 0.100 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			12744	21600	393.6

Valor de eficiencia energética: $28.19 \text{ W/m}^2 = 4.95 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.96 m^2)

Flujo luminoso total: 12744 lm
Potencia total: 393.6 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.100 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m^2]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	480	89	569	/	/
Suelo	340	100	440	30	42
Techo	0.00	102	102	70	23
Pared 1	123	100	222	50	35
Pared 2	97	102	200	50	32
Pared 3	118	103	221	50	35
Pared 4	113	103	216	50	34

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.768 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.619 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $28.19 \text{ W/m}^2 = 4.95 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 13.96 m^2)

Figura 9.80. Resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,792
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento Fm	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida Em	569 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	22 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	4,95 W/m ² /100lx
Potencias de los conjuntos	393,6 W
Uniformidad	0,768

Tabla 9.39. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.8. DESVÁN

Para dimensionar el desván se ha utilizado el punto 1.2 de la tabla 5.1 del apartado de iluminación de interiores de la normativa de iluminación EN 12464-1 [11]. En él se determinan el valor de iluminación óptima (Lux) y de deslumbramiento máximo (UGR).

1.2 Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios

Nº Ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L -	R _a -	Observaciones
1.2.1	Cantinas, despensas	200	22	80	
1.2.2	Salas de descanso	100	22	80	
1.2.3	Salas de ejercicios físicos	300	22	80	
1.2.4	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	80	
1.2.5	Enfermería	500	19	80	
1.2.6	Salas para atención médica	500	16	90	T _{cp} ≥ 4000 K

Figura 9.82. Normativa de iluminación en función de la actividad que se desarrolla en el área.

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
4,56	3,79	2,5

Tabla 9.40. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para el desván es 0,828.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.41. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K inferior a 1, se consideran 4 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por una mesa y unas escaleras, además de una luminaria downlight empotrada en el techo.

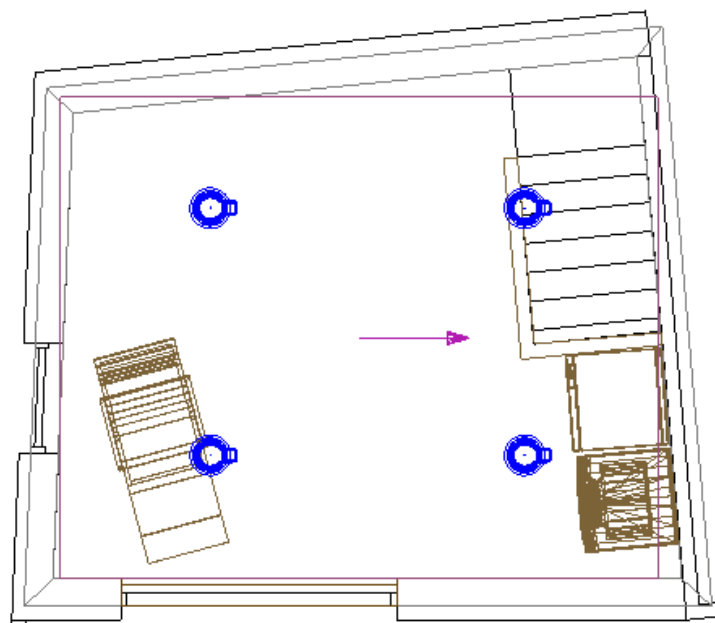


Figura 9.83. Plano del desván de la vivienda unifamiliar.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo FBS280 3xPL-C/2926WC y está empotrada en el techo a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

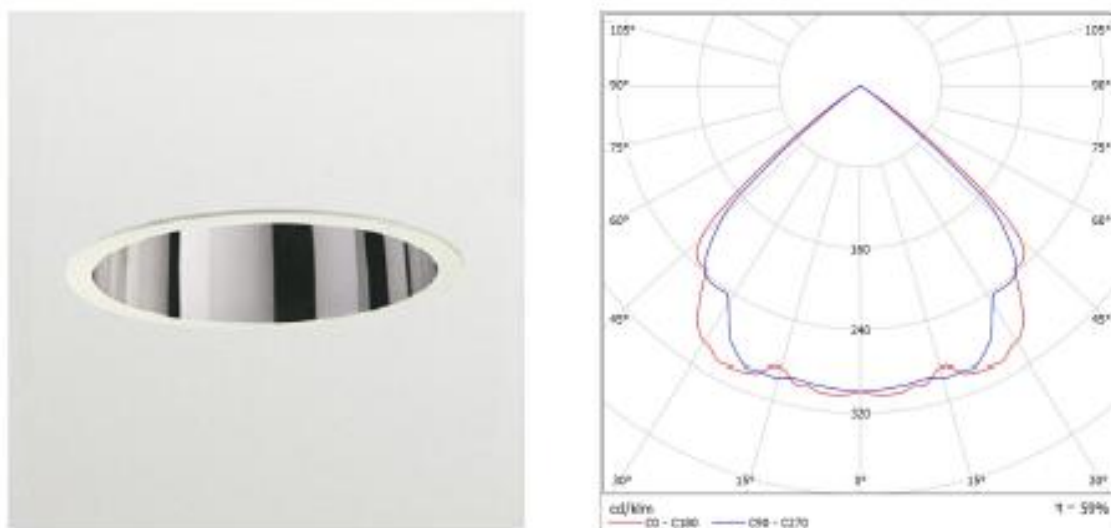


Figura 9.84. *Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.*

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.

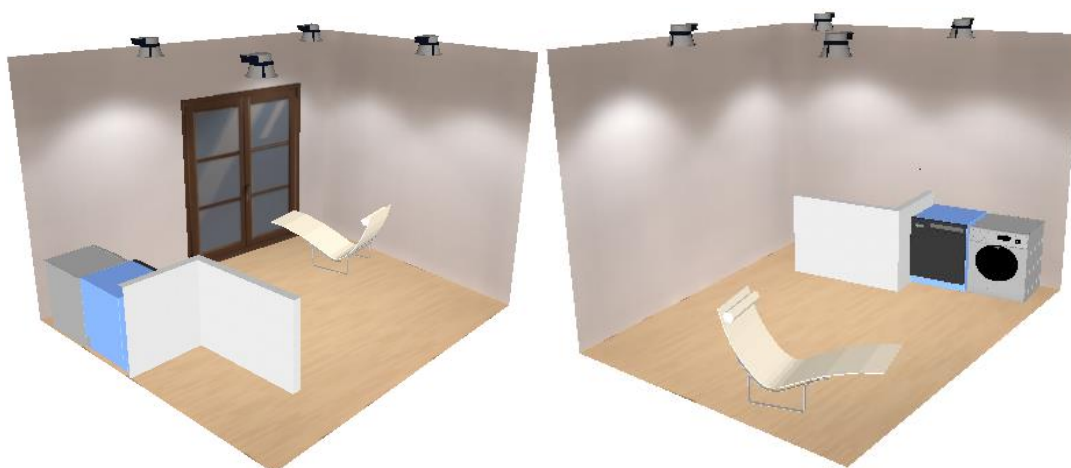


Figura 9.85. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

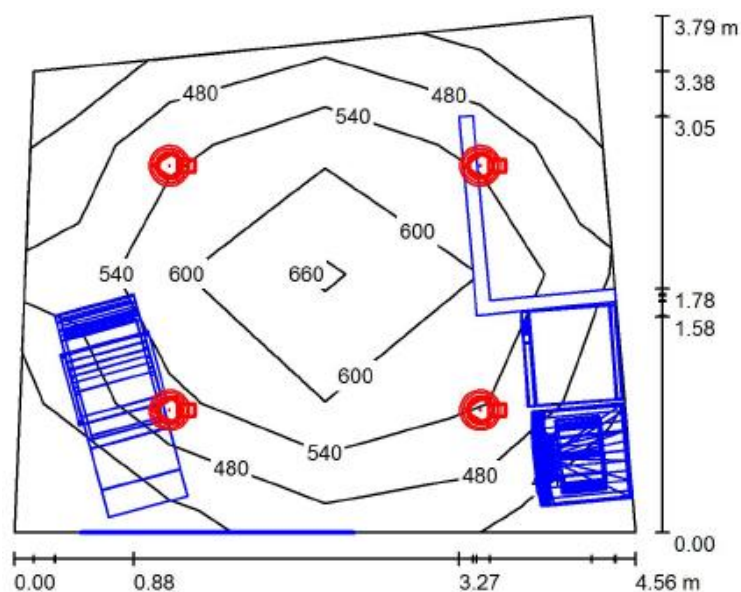


Figura 9.86. Plano del desván con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.203 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:49

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	535	415	676	0.776
Suelo	61	440	308	519	0.698
Techo	70	164	118	187	0.724
Paredes (4)	50	272	108	681	/

Plano útil:

Altura:	0.850 m
Trama:	4 x 4 Puntos
Zona marginal:	0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C (1.000)	3186	5400	98.4
Total:			12744	21600	393.6

Valor de eficiencia energética: $25.37 \text{ W/m}^2 = 4.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 15.51 m^2)

Figura 9.87. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 12744 lm
Potencia total: 393.6 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx] directo	indirecto	total	Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
Plano útil	414	121	535	/	/
Suelo	310	130	440	61	86
Techo	0.00	164	164	70	36
Pared 1	96	159	254	50	40
Pared 2	109	173	282	50	45
Pared 3	124	166	290	50	46
Pared 4	106	156	261	50	42

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.776 (1:1)

E_{\min} / E_{\max} : 0.614 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $25.37 \text{ W/m}^2 = 4.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 15.51 m^2)

Figura 9.88. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	0,828
Número de puntos considerados	4
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	535 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$4,74 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	393,6 W
Uniformidad	0,776

Tabla 9.42. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.9. TERRAZA

Al no existir normativa para la iluminación en terrazas se ha decidido una iluminación media óptima de 300 lux y un UGR de 20. Este valor es regulable al poder encender una o más luminarias según desee el usuario.

Para el cálculo del índice del local (K), se utilizará la expresión matemática mostrada a continuación:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Dónde:

L = longitud del local

A = anchura del local

H = distancia del plano de trabajo a las luminarias

L (m)	A (m)	H (m)
9,1	4,51	2,5

Tabla 9.43. Dimensiones del área propuesta.

Conociendo dichas variables, se obtiene que el índice del local para la terraza es 1,206.

Una vez hecho esto, se determina el número de puntos a considerar en el proyecto a partir de la siguiente relación:

4 puntos si $K < 1$	9 puntos si $2 > K \geq 1$	16 puntos si $3 > K \geq 2$	25 puntos si $K \geq 3$
---------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------------

Tabla 9.44. Puntos necesarios para la simulación en función del índice del local.

Para este caso, al ser K superior a 1 e inferior a 2, se consideran 9 puntos en el proyecto.

Esta área está formada por una mesa y unas sillas, además de unas luminarias exteriores.

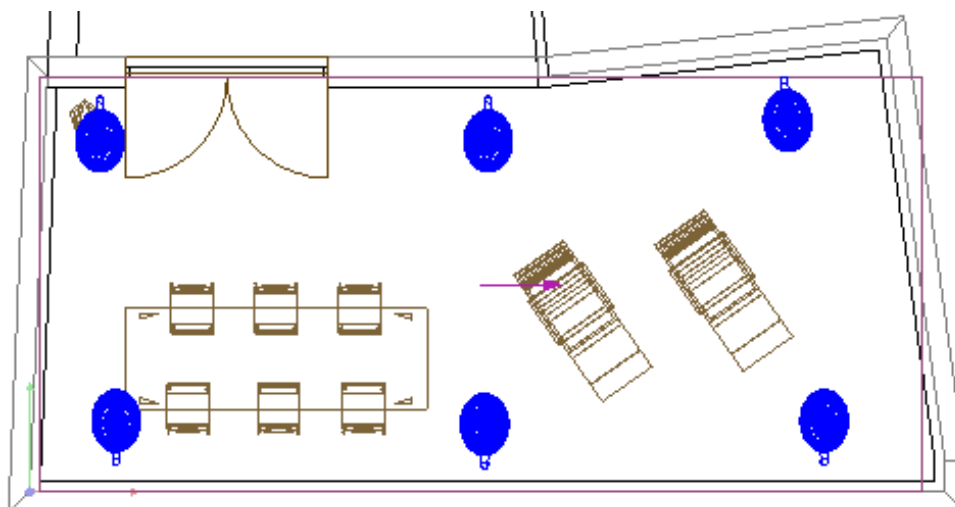


Figura 9.92. Plano de la terraza con los valores de distribución de la iluminación.

La luminaria utilizada es de la marca Philips modelo CGP431 PC 1xSON-TTP50W OR P9 y está encima de un mástil a una altura de 3 metros. La emisión de luz para este modelo concreto es la mostrada a continuación:

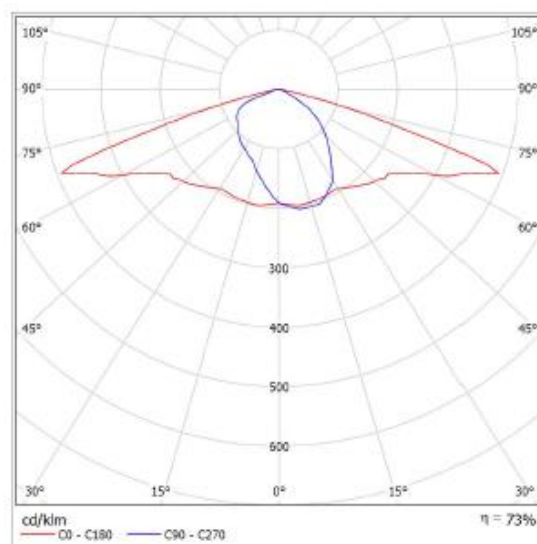


Figura 9.90. Modelo de luminaria escogida y emisión de luz del modelo.

Conocidos los detalles anteriores se realiza una simulación en DIALUX que muestra una visión en 3D del área estudiada. De esta manera se aprecia más fácilmente la distribución de los objetos y la dispersión de la luz.



Figura 9.91. *Diseño 3D del área de la vivienda unifamiliar.*

La simulación también muestra los valores aproximados de iluminación que se darán en la zona estudiada.

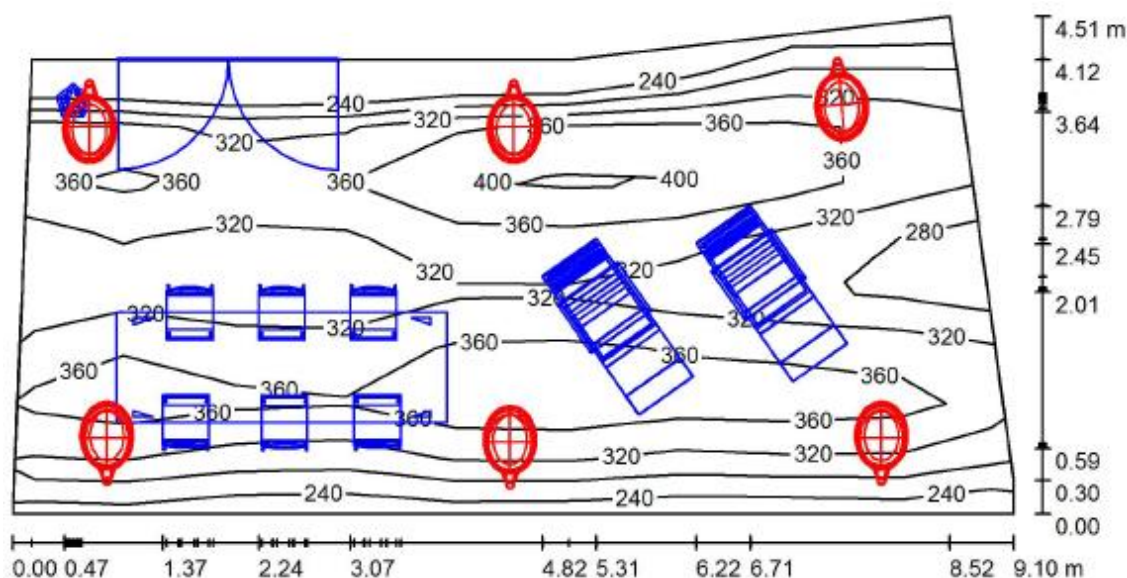


Figura 9.92. Plano de la terraza con los valores de distribución de la iluminación.

Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.700 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:66

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	329	221	418	0.670
Suelo	32	284	169	389	0.593
Techo	70	91	71	120	0.779
Paredes (6)	50	184	68	2551	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 9 x 9 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips CGP431 PC 1xSON-TPP50W OR P9 (1.000)	3168	4400	61.0
Total:			19008	26400	366.0

Valor de eficiencia energética: $9.94 \text{ W/m}^2 = 3.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 36.83 m^2)

Figura 9.93. Primera parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Flujo luminoso total: 19008 lm
Potencia total: 366.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	251	79	329	/	/
Suelo	206	78	284	32	29
Techo	0.22	91	91	70	20
Pared 1	66	87	153	50	24
Pared 2	82	76	158	50	25
Pared 3	144	83	227	50	36
Pared 4	67	91	158	50	25
Pared 5	73	90	163	50	26
Pared 6	176	82	258	50	41

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.670 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.529 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $9.94 \text{ W/m}^2 = 3.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 36.83 m^2)

Figura 9.94. Segunda parte de los resultados numéricos de iluminación del área de la vivienda.

Como se puede observar los resultados de iluminación son óptimos y el término de deslumbramiento es menor al UGR.

A modo de resumen, se muestra la siguiente tabla con los datos más importantes de la iluminancia de esta estancia.

Índice del local	1,206
Número de puntos considerados	9
Factor de mantenimiento F_m	0,8
Iluminancia media horizontal mantenida E_m	329 lx (Cumple)
Índice de deslumbramiento unificado UGR	<10 (Cumple)
Índices de rendimiento de color Ra	80 4000K
Eficiencia energética de la instalación VEEI	$3,02 \text{ W/m}^2/100\text{lx}$
Potencias de los conjuntos	366 W
Uniformidad	0,670

Tabla 9.45. Resumen de los resultados del área iluminada.

9.10. RESULTADOS OBTENIDOS

El conjunto de luminarias obtenidas para las diferentes plantas son las siguientes:

VIVIENDA UNIFAMILIAR			
PLANTA	ÁREA	LUMINARIA	NÚM
BAJA	Aparcamiento	Philips RC120B W30L120 1XLED37S/840	3
	Cuarto de aseo 1	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	1
	Cuarto de baterías	Philips BPK561 1xDLM3000/840	1
	Recibidor	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	2
PRIMERA	Cocina	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	4
	Dormitorio 1	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	2
	Dormitorio 2	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	2
	Cuarto de aseo 2	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	1
	Recibidor	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	1
SEGUNDA	Sala de descanso	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	4
	Dormitorio 3	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	2
	Dormitorio 4	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	2
	Recibidor	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	1
PROYECTO DE REFORMA DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR			
TERCERA	Desván	Philips FBS280 3xPL-C/2926WC	4
	Terraza	Philips CGP431 PC 1xSON-TPP50W OR P9	6

Tabla 9.46. Resumen final de los resultados de toda la vivienda unifamiliar.

10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En este apartado se procederá a dimensionar la instalación eléctrica de la vivienda unifamiliar estudiada en este proyecto. Se pretende dimensionar la instalación de enlace, la previsión de cargas con una potencia contratada equivalente a la que los residentes tienen contratada en el piso de Barcelona, la puesta a tierra de la instalación y el cableado y conexión de la instalación interior.

El edificio que nos concierne es una vivienda unifamiliar que estará situada en Todolella (Castellón), concretamente en la calle del Arco número 23.

La vivienda consta de una planta baja y una primera y segunda planta (con opción a una reforma de la vivienda añadiendo una tercera planta), además de un garaje o zona de aparcamiento para vehículos en la planta baja. La parcela tiene un total de 146,4 m², los cuales se dividen entre las tres plantas existentes de la vivienda.

Para ver de una manera más clara las dimensiones de la vivienda y de las diferentes estancias, a continuación se muestran unas tablas con las diferentes zonas y sus correspondientes superficies:

PLANTA	ZONA	ÁREA (m ²)
BAJA	Aparcamiento	32,12
	Cuarto de aseo 1	2,81
	Cuarto de baterías	1,74
	Recibidor	8,29

PLANTA	ZONA	ÁREA (m ²)
SEGUNDA	Sala de descanso	13,96
	Dormitorio 3	10,79
	Dormitorio 4	13,88
	Recibidor	5

PRIMERA	Cocina	13,96
	Dormitorio 1	10,79
	Dormitorio 2	9,00
	Cuarto de aseo 2	3,29
	Recibidor	5,37

TERCERA	Desván	13,67
	Terraza	34,25

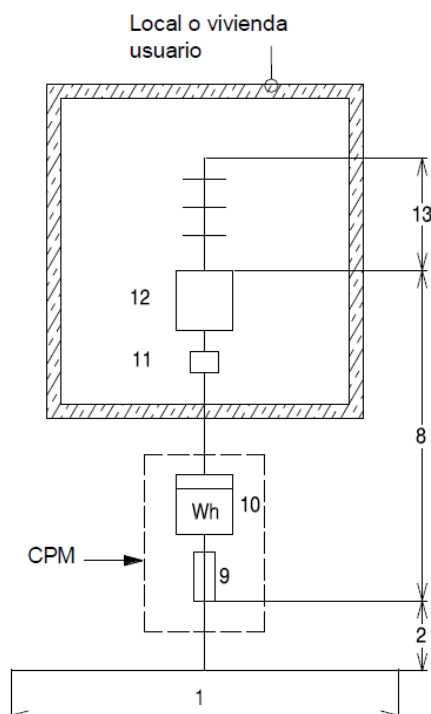
Tabla 10.1. Zonas de la vivienda unifamiliar con su valor de superficie

La instalación eléctrica de la vivienda satisface las necesidades requeridas por el usuario cumpliendo, a su vez, con la normativa aplicada a nivel territorial impuesta por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la versión del año 2015, y las Normas Técnicas Particulares de la compañía suministradora (aunque en este caso la vivienda tiene una instalación de autoconsumo). La energía necesaria en el sistema eléctrico viene de la instalación fotovoltaica y se dimensionará según la normativa de FECSA-ENDESA y el REBT. El suministro será individual monofásico a 230 V, para una potencia contratada de 3,3 kW, es decir el suministro tendrá una potencia inferior a 15 kW.

En el caso de suministros para un único usuario cuya potencia sea inferior a 15 kW puede simplificarse la instalación colocando en un único conjunto, la CGP y el equipo de medida, dicho conjunto se denominará Caja de Protección y Medida. (CPM)

La situación de la CPM se fijará de común acuerdo entre la Propiedad y ENDESA, en todos los casos la situación elegida cumplirá el REBT (ITC-BT 13) y estará lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas, teléfono, etc. La parte inferior de la CPM se situará a una altura de 0,5 m del nivel del suelo en vallas y de 1,50 m en edificios.

En el caso de que la CPM se instale en el interior de una hornacina, ésta se cerrará con una puerta preferentemente metálica. En este caso su grosor será de al menos 2 mm de espesor, con grado de protección IK10, estará protegida contra la corrosión y la oxidación y dispondrá de una cerradura normalizada por ENDESA.



LEYENDA

- 1 - Red de distribución
- 2 - Acometida
- 8 - Derivación individual
- 9 - Fusible de seguridad
- 10 - Contador
- 11 - Caja para interruptor de potencia
- 12 - Dispositivos generales de mando y protección y dispositivo de protección contra sobretensiones
- 13 - Instalación interior

Figura 10.1. Esquema para suministros con una potencia inferior a 15 kW.

10.1. INSTRUCCIONES GENERALES

Las instrucciones generales se definen en el Anexo 1 del Vademécum de FECSA-ENDESA, en estas instrucciones se muestran las características generales (Tensión Nominal monofásica 230 V, factor de potencia 1 y corriente de cortocircuito de 10 kA, además de los siguientes apartados:

10.1.1. Acometida

La acometida, al ser un sistema conectado a una red de autoconsumo, no es necesaria, pero se instalará una para un futuro en el que sea pueda ser necesaria una conexión a la red eléctrica debida a un aumento en el consumo de potencia.

La acometida se efectuará de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de BT vigente y la Norma Técnica Particular de FECSA ENDESA.

La acometida será el inicio de la instalación de enlace, que acabará en los dispositivos generales de mando y protección. Toda la instalación de enlace se realizará de acuerdo a lo establecido en las instrucciones ITC BT-14, ITC BT-15 e ITC BT-21.

Los conductores serán única y exclusivamente de cobre y aislantes, los materiales y las condiciones de instalación cumplirán con las prescripciones establecidas en la ITC-BT-07.

El contador se instalará en un nicho en la pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica. Estará protegida contra la corrosión, también tendrá que estar precintada y se dispone de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. Estará constituida por materiales plásticos y no inflamables. La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm de tierra.

10.1.2. Caja General de Protección (CGP)

La Caja de Protección y Medida (ICP) estará constituida por material aislante térmico de clase A, como mínimo, según Norma UNE-EN 60085, cumplirá todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60439-1-3; tendrán las condiciones de resistencia al fuego de acuerdo con la Norma UNE-EN 60695-2-10 y una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20324 e IK09 según UNE-ES 50102.

En el caso de que la CPM se instale en el interior de una hornacina, esta se cerrará con una puerta, preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-ES 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno, estará protegida contra la corrosión y dispondrá de una cerradura o candado normalizado por ENDESA.

La parte inferior de la CPM estará a la altura de 1,5 m del nivel del suelo en edificios. La altura de los dispositivos de lectura de los equipos de medida no será mayor de 1,80 m.

Según la norma técnica particular de baja tensión (NTP-IEBT) de la empresa teóricamente suministradora, FECSA-ENDESA, las características de la caja general de protección (CGP) serán:

- Fusible NH 00 /63 A gG
- Interruptor General Automático:
 - Intensidad nominal de 25 A
 - Poder de corte 4,5 kA.
- Interruptor Control Potencia (en el caso de que se instale):
 - Intensidad nominal de 15 A
- Caja de protección y Medida: CPM – MF 2
- Protección diferencial:
 - Intensidad nominal de 40 A
 - Sensibilidad de 30 mA
- Acometida:
 - Aérea: RZ 0,6/1 kV 2x16 Al (tubo 40 mm)
 - Subterránea: RV o DV 0,6/1 kV 2x1x50 Al (tubo 90 mm)

10.1.3. Interruptor de Control de Potencia

La potencia a contratar, en el caso de que se acabe contratando, determinará el ICP-M a instalar, el cual deberá disponer de la correspondiente verificación. El ICP, a pesar de no ser necesario ya que el sistema está conectado a red, se instalará por la posible necesidad de conexión a red.

10.1.4. Conductores

Los conductores que enlazan la CPM con el cuadro privado de mando y protección serán de cobre, con aislamiento 25/0/750 V cuando se instalen en el interior de tubos en montaje superficial y de 0,671 kV cuando se instalen en tubos enterrados, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Para su identificación los colores de las cubiertas serán negro, marrón y gris para las fases y azul claro para el neutro. Los tubos estarán calificados como no propagadores de la llama.

Podrán adoptarse secciones inferiores señaladas en el cuadro del informe, demostrando documentalmente que se cumple cuanto señala la ITC-BT-15 apartado 3.

10.1.4. Tierra

La instalación de puesta a tierra se realizará de acuerdo a lo indicado en la ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Debe instalarse, sobre el conductor de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

10.2. INSTALACIONES RECEPTORAS DE FUERZA E ILUMINACIÓN

La potencia instalada se divide en siete circuitos:

- C1: El circuito de iluminación
- C2: El circuito de la cocina y el horno
- C3: El circuito de tomas de corriente de usos varios
- C4-1: El circuito del lavavajillas (este circuito no se instalará debido a que no hay lavavajillas en el edificio estudiado)
- C4-2: El circuito del termo (este circuito no se instalará debido a que no hay termo en el edificio estudiado)
- C4-3: El circuito de la lavadora
- C5: El circuito de tomas de corriente en el baño y la cocina

La instalación es monofásica a 230 V.

Los siguientes datos proporcionan toda la información de los circuitos estudiados:

	Iluminación	Cocina Horno	TC usos varios	Lavavajillas	Termo	Lavadora	TC baño, cocina
Potencia prevista por toma (W)	30	50	1200	0	0	1200	30
Número de puntos	36	52	1	0	0	1	4
Factor de simultaneidad	0,7	0,4	0,5	0,1	0,1	0,2	0,4
Factor de utilización	0,7	0,3	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3
Longitud del circuito (m)	80	16	80	0	0	20	30
Cos (fp)	1	1	1	1	1	1	1
σ	56	56	56	56	56	56	56
Caída de tensión máxima (%)	3%	5%	3%	3%	3%	3%	3%

Tabla 10.2. *Parámetros para dimensionar el sistema eléctrico de la vivienda.*

Conocidos los datos se procede a calcular la potencia consumida teórica:

$$P_{prevista} = P_{toma} \times n_{puntos} \times f_{simult} \times f_{utiliz}$$

Conocida la potencia teórica y el factor de corrección se determina la potencia final:

$$P = P_{prevista} \times f_{corr}$$

	Iluminación	Cocina Horno	TF usos varios	Lavavajillas	Termo	Lavadora	TF baño, cocina
Previsión de potencia (W)	882	499,2	375	0	0	48	38,4
Factor de corrección	1,8	1	1,8	1	1,8	1,8	1,8
Potencia (W)	1587,6	499,2	675	0	0	86,4	69,12

Tabla 10.3. Resultados de potencia consumida de la vivienda para cada circuito y la potencia total.

A continuación se muestran la tabla del anexo del Vademécum donde se encuentran las instrucciones para el instalador y una propuesta de esquema unifilar:

SUMINISTROS INDIVIDUALES HASTA 15 kW

POTENCIA SOLICITADA	<input type="text" value="3.45"/> kW		MONOFÁSICO <input type="checkbox"/>	TRIFÁSICO <input type="checkbox"/>
---------------------	--------------------------------------	--	-------------------------------------	------------------------------------

POTENCIA MÁXIMA (kW) QUE SE PUEDE CONTRATAR	MONOFÁSICO												TRIFÁSICO											
	0,54	0,89	1,00	1,15	1,70	2,54	3,45	4,80	5,75	6,90	8,35	10,00	11,35	11,50	14,00	1,00	1,17	2,40	3,48	5,19	6,90	10,38	13,80	
NIVEL DE ELECTRIFICACIÓN	Básico												Elevada											
PROTECCIÓN DIFERENCIAL	Intensidad nominal (A) 40												60											
	Sensibilidad (mA) 30												30 ÷ 300											
PROTECCIÓN SOBRETENSIÓN (V)	- Dispositivo para la protección contra sobretensiones permanentes - Dispositivo para la protección contra sobretensiones transitorias																							
INTERRUPTOR GRAL. AUTOMAT.	Intensidad nominal (A) La que corresponde según la capacidad máxima de la instalación (ITC-BT-10) (*)																							
	Poder de corte (kA) > 4,5																							
INTERRUPTOR CONTROL DE POTENCIA (A)	1,5	3	3,5	6	7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	1,5	3	3,5	5	7,5	10	15	20	
CONDUCTORES	Cu		10 mm ²										16 mm ²				16 mm ²							

CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	Tipo	GPM - MF 2		GPM - MF 4
	Contador	Multifunción		Multifunción
	Fusibles	NH 00 / 0,3 A/gG		NH 00 / 100 A/gG

ACOMETIDA	<input type="checkbox"/> Área posada sobre fachada <input type="checkbox"/> Subterránea		
	<input type="checkbox"/> Área tensada sobre apoyos <input type="checkbox"/> Área-Subterránea		
	Área	RZ 0,6/1 kV 2x16 Al (tubo 40 mm)	RZ 0,6/1 kV 4x25 Al (tubo 40 mm)
	Área con portecillo		
Subterránea	RV o DV 0,6/1 kV 1x1x50 Al (tubo 90 mm)		RV o DV 0,6/1 kV 4x1x50 Al (tubo 90 mm)

Figura 10.2. Anexo 1 del Vademécum de FECSA-ENDESA para suministros de hasta 15 kW.

De esta tabla se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El circuito es monofásico
- La potencia total es de unos 3,3 kW, por lo que se trabajará con el valor de 3,45 kW
- La protección diferencial o interruptor diferencial (ID) tendrá una intensidad de 40 A y una sensibilidad de 30 mA
- El Interruptor General Automático (IGA) tendrá una intensidad de 25 A y un poder de corte superior a los 4,5 kA
- El Interruptor de Control de Potencia, en el caso de que se instale, será de 15 A

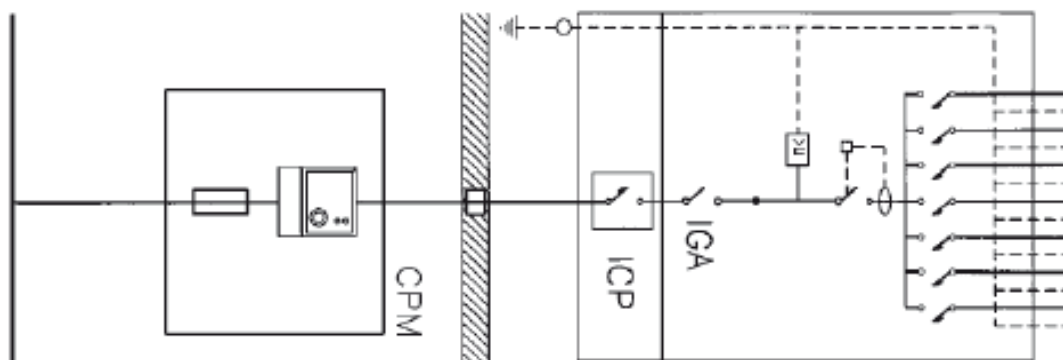


Figura 10.3. Esquema unifilar propuesto por FECSA-ENDESA para la vivienda.

10.2.1. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobre intensidades que se pueden presentar en el citado, por la cual cosa la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado por las sobre intensidades previsibles.

Se dispondrá de un interruptor general automático (IGA) y pequeños interruptores automáticos que protegen los circuitos individualmente (PIA). Estos estarán situados en el cuadro de mando y protección. Los magneto-térmicos soportarán la intensidad de cortocircuito calculada en el apartado de cálculos. Las intensidades de los magneto-térmicos serán:

Circuito	Intensidad (A)
Iluminación	11,73
TC usos varios	2,17
Cocina - horno	4,99
Lavavajillas	0,00
Termo	0,00
Lavadora	0,64
TC baño y cocina	0,51

Tabla 10.2. Intensidades de los distintos circuitos de la vivienda.

Como se ha comprobado en el apartado anterior la intensidad del magneto-térmico es de 25 A, lo que cubre las intensidades de los circuitos sin problemas.

10.2.2. Identificación de conductores

Según el punto 2.2.4 de la ITC-BT-19 los conductores se identificarán de la siguiente manera:

- El conductor neutro en la instalación se identificará por el azul claro.
- Al conductor de protección se le identificará por el color verde y amarillo.
- Todos los conductores de fase se identificarán por los colores marrón y negro.
- Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes se utilizará el gris.

10.3. TOMA DE TIERRA

Las puestas de tierra se establecen principalmente con el objetivo de limitar la tensión, para que puedan asegurar en un momento dado la instalación y eliminar los riesgos que supondría una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protecciones, de una parte del circuito eléctrico con un electrodo o grupo de electrodos entrantes a tierra, mediante una puesta a tierra.

Mediante la instalación de la puesta a tierra se tendrá que conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y al mismo tiempo, se permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra han de cumplir las siguientes condiciones:

- El valor de la resistencia de la puesta de tierra estará conforme las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y mantenga esta manera al largo de todo el tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga pueden circular sin peligro.

En el caso de la instalación del estudio no se realiza ningún cálculo relativo a la puesta a tierra ya que se trata de una instalación existente.

10.4. PROGRAMA DE NECESIDADES

La potencia instalada en la vivienda unifamiliar será de 3,3 kW, teniendo en cuenta los factores de utilización y simultaneidad. Si no tenemos en cuenta estos factores el consumo sube hasta los 8 kW (pero este valor nunca se alcanzará).

10.5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

10.5.1. Cálculos de intensidades

El cálculo de la intensidad nominal se realiza de la siguiente manera:

$$I_N = \frac{P}{V \times \cos(\varphi)}$$

Dónde:

I_N es la intensidad nominal de la línea (A)

$\cos(\varphi)$ es el factor de potencia de la línea

P es la potencia de la línea

V es la tensión de la fase

En el punto 2 del artículo 4 del REBT, indica una tensión de 230 V para instalaciones monofásicas. Para calcular la intensidad multiplicaremos la intensidad por los coeficientes indicados la ITC-BT-44 y la ITC-BT-47.

$$I_{N \text{ iluminación}} = 6,90 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ TF usos varios}} = 2,17 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Cocina-Horno}} = 2,93 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Lavavajillas}} = 0,00 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Termo}} = 0,08 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Lavadoras}} = 0,38 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ TF baño y cocina}} = 0,30 \text{ A}$$

La intensidad obtenida se multiplica por un factor equivalente a 1,7 en el circuito de iluminación y 1,25 para las tomas de fuerza.

$$I_{N \text{ iluminación}} = 11,73 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ TF usos varios}} = 2,17 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Cocina-Horno}} = 4,99 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Lavavajillas}} = 0,00 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Termo}} = 0,13 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ Lavadoras}} = 0,64 \text{ A}$$

$$I_{N \text{ TF baño y cocina}} = 0,51 \text{ A}$$

10.5.2. Cálculo de secciones de cableado

El cálculo de la sección de los conductores de la instalación interior en tensión monofásica se ha calculado mediante la ITC-BT-19. El cálculo de la línea general de alimentación, al ir soterrada hemos utilizados la ITC-BT-07 con aislamiento de PVC/XLPE y en cobre como conductor.

Para determinar la sección adecuada necesitamos la intensidad que se ha calculado utilizando la fórmula del apartado anterior 10.5.1. Después tenemos que comprobar que la sección determinada es válida, es decir, calcularemos la caída de tensión y tendremos en cuenta que no supere el 4,5% a iluminación y tampoco 6,5% para el resto.

10.5.3. Cálculo de los diámetros de los tubos protectores

El cálculo del diámetro mínimo de los tubos protectores para canalizaciones fijas en superficie se ha de calcular mediante la segunda tabla de la ITC-BT-21, teniendo en cuenta el número de conductores y la sección de los mismos. El cálculo de la canalización general de alimentación al ir enterrada se aplicara la tabla nº 9 de la ITC-BT-21.

10.5.4. Tensión nominal y caída de tensión

La tensión nominal es de 400/230 V. Según la ITC-BT-19, en instalaciones interiores o receptoras, la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea como máximo del 4,5% para iluminación y 6,5% para otros usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

La caída de tensión en líneas monofásicas viene dada por la siguiente expresión:

$$cdt(\%) = 2 \times \frac{P \times L}{56 \times S \times V}$$

10.5.5. Cálculo de las protecciones de la instalación

Magneto-térmico

Para determinar un interruptor magneto-térmico se necesita tener en cuenta dos aspectos de mismo que son la intensidad nominal (I_N) y la intensidad de cortocircuito (I_{cc}).

Para determinar la I_N se necesita determinar la intensidad máxima que necesita el aparato y la intensidad de la sección del cable que hemos determinado.

$$I_{MAX\ APARATO} < I_N < I_{CABLE}$$

La I_{cc} que utilizamos para todos los magneto-térmicos es la que calculamos para la línea general de alimentación, definida en el apartado de cálculos de protecciones de la instalación.

Diferencial

Para dimensionar un interruptor diferencial también es necesario fijar dos aspectos que son la intensidad nominal (I_N) la sensibilidad.

$$I_{N\ DIFERENCIAL} < I_{N\ MAGNETO-TÉRMICO}$$

La sensibilidad depende del peligro que haya en el aparato al que se suministra energía eléctrica a que haya contactos con la corriente. Puede ser de 30 mA o de 300 mA. En general escogemos 300 mA para motores y para iluminación 30 mA.

Caja general de protección

Vendrá definida según la potencia que, teóricamente, se contrataría en el Vademécum, que es la norma técnica particular de la empresa suministradora, FECSA-ENDESA. Los valores técnicos que definen la caja general de protección (CGP) están definidos en el esquema unifilar.

Cálculo de toma de tierra

Tal y como indica la guía de la ITC-BT-18 todos los elementos receptores de la instalación estarán conectados a una misma toma de tierra. Teniendo las líneas de protección correspondientes. La línea principal de tierra estará unida a los electrodos de toma de tierra que estarán por picas de cobre. Las picas tendrán un diámetro mínimo de 14 mm y una longitud mínima de 2 m. Su número y profundidad serán suficientes para que no pueda dar lugar a que, entre cualquier masa y tierra, se establezca una tensión superior a 50 V.

Resistencias de aislamiento de la instalación y resistencia de las picas verticales

La puesta a tierra existente de la instalación ha sido comprobada y cumple lo establecido en la ITC-BT-18.

10.6. RESULTADOS OBTENIDOS

El dimensionado de las protecciones necesarias para la instalación eléctrica constará de los siguientes elementos:

- Fusible NH 00 /63 A gG
- Interruptor General Automático:
 - Intensidad nominal de 25 A
 - Poder de corte 4,5 kA.
- Interruptor Control Potencia, en el caso de que se instale:
 - Intensidad nominal de 15 A
- Caja de protección y Medida: CPM – MF 2
- Protección diferencial:
 - Intensidad nominal de 40 A
 - Sensibilidad de 30 mA
- Acometida, en el caso de que se instale:
 - Aérea: RZ 0,6/1 kV 2x16 Al (tubo 40 mm)
 - Subterránea: RV o DV 0,6/1 kV 2x1x50 Al (tubo 90 mm)
- Protección contra sobretensiones
- PIA:

Las PIAs variarán entre 10 y 25 A en función del circuito que protejan

De estos elementos, la acometida, la CPM y el ICP se instalarán para prevenir una posible futura conexión a la red de distribución.

El esquema eléctrico final propuesto es el siguiente:

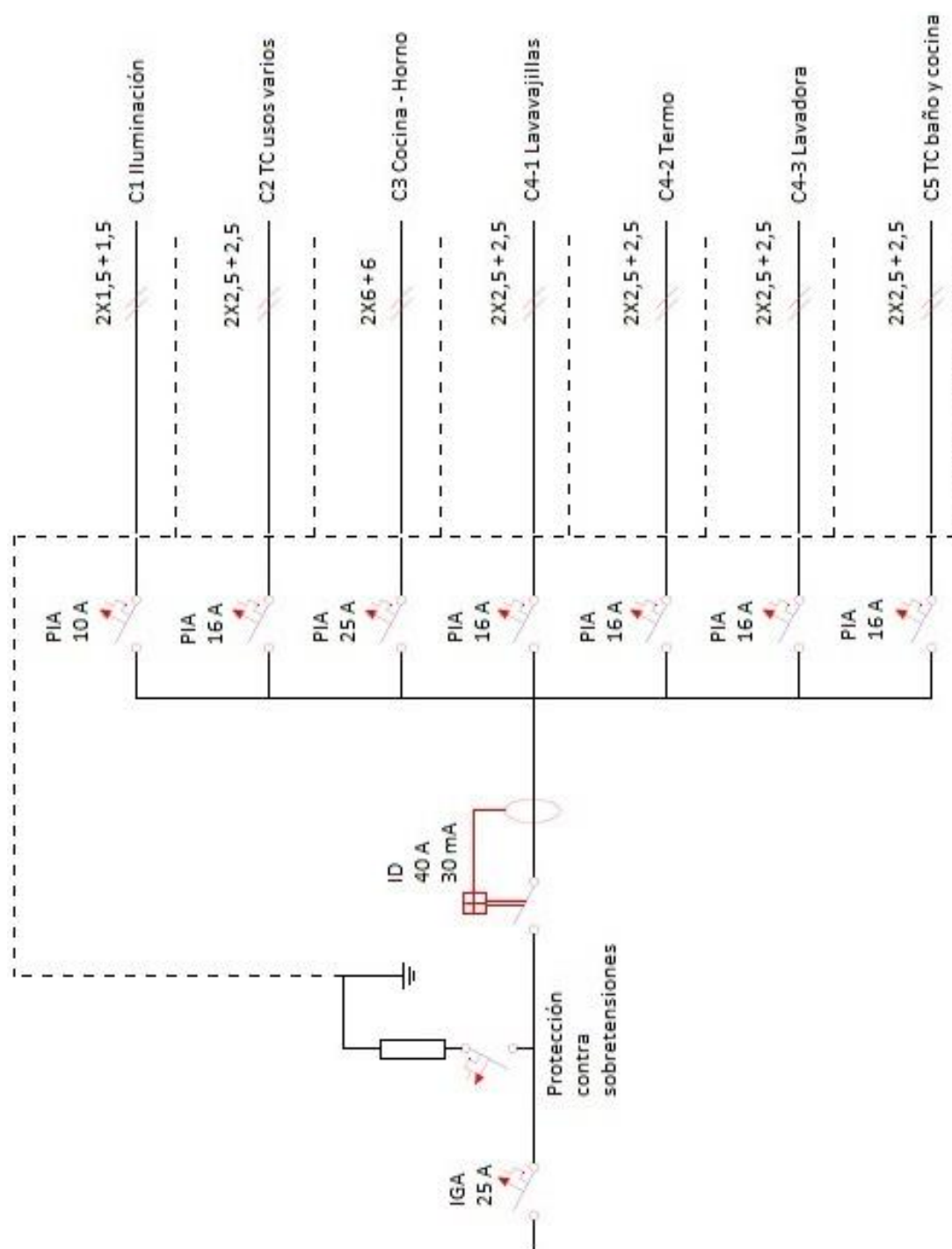


Figura 10.4. Esquema unifilar final propuesto para la vivienda.

10.6. PLIEGO DE CONDICIONES

10.6.1. Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)

Redes subterráneas para suministro en baja tensión (ITC-BT-07).

Cables

Los conductores de los cables que se usarán en las líneas subterráneas serán de cobre y han de estar aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Además tienen que estar debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que puedan estar sometidos.

Los cables pueden ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deben cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores ha de ser la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no debe ser inferior a 6 para conductores de cobre.

Dependiendo del número de conductores con los que se haga en distribución, la sección mínima del conductor neutro debe ser:

- Con dos o tres conductores igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores, la sección del neutro debe ser como mínimo la de la tabla 1 de la ITC-BT-07.

Ejecución de las instalaciones

- Instalación de cables aislantes

El trazado debe ser lo más rectilíneo posible y, a ser posible, paralelas a referencias fijas tales como líneas de fachada y bordillos. Asimismo, se debe tener en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o si no los que indican las normas de la serie UNE 20435), que hay que respetar en los cambios de dirección.

- Enterrado directamente

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no puede ser menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 en calzada. Cuando haya impedimentos que no permitan alcanzar las profundidades, éstas se pueden reducir, y se colocarán protecciones mecánicas suficientes, como las establecidas en el apartado 2.1.2 de la ITC-BT-07. Por el contrario, se deben aumentar cuando las condiciones establecidas en el apartado 2.2 de la ITC-BT-07 lo exijan.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- La cama de la zanja que va a recibir el cable debe ser lisa y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. Se debe colocar una capa de arena de mina o de río lavada, de 0,05 m de espesor mínimo, sobre la que se coloca el cable. Por encima del cable va otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas deben cubrir la anchura total de la zanja, la cual debe ser suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

- Por encima de la arena todos los cables deben tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o azulejos colocadas transversalmente. Se puede admitir el uso de otras protecciones mecánicas equivalentes. También se coloca una cinta de señalización que advierta que hay cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo debe ser de 0,10 m, y en la parte superior del cable de 0,25 m.

- También se admite la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

- Puesta a tierra y continuidad del neutro

La conexión a tierra y la continuidad del neutro es necesario que se atengan a lo establecido en los capítulos 3.6 y 3.7 de la ITC-BT-06.

Intensidades máximas admisibles

- Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables

En las tablas del apartado 3.1 de la ITC-BT-07 se dan los valores indicados en la Norma UNE 20435.

En la tabla 2 se dan las temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento.

En la tabla 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de secciones, en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 3.1.2.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 3.1.2.2 se aplicarán los factores de corrección que correspondan según las tablas 6 a 9. Estos factores de corrección se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

- Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En las tablas 17 del apartado 3.2 de la ITC-BT-07 se muestran las densidades de corriente de cortocircuito admisibles en los conductores de cobre de los cables aislados con diferentes materiales en función de los tiempos de duración de cortocircuito.

Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección (ITC-BT-13).

Cajas generales de protección

- Emplazamiento e instalación

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de acceso libre y permanente. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Cuando la acometida sea subterránea se instalara siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión y disponer de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. La parte inferior de la puerta debe situarse a un mínimo de 30 cm del suelo.

En el nicho se debe dejar previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, de conformidad con lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas. En todos los casos se procurará que la situación elegida esté lo más cercana posible a la red de distribución pública y que quede alejada o, como mínimo, protegida adecuadamente de otras instalaciones como las de agua, gas, teléfono, etc., según indican la ITC-BT-06 e ITC-BT-07. Cuando la fachada no linda con la vía pública, la caja general de protección debe situarse en el límite entre las propiedades públicas y privadas. No se alojarán más de dos cajas generales de protección en el interior del mismo nicho, y hay que disponer una caja por cada línea general de alimentación. Cuando para un suministro se necesiten más de dos cajas, se pueden utilizar otras soluciones técnicas previo acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora. Los usuarios o el instalador electricista autorizado sólo tienen acceso y pueden actuar sobre las conexiones con la línea general de alimentación, previa comunicación a la empresa suministradora.

- Tipo y características

Las cajas generales de protección a utilizar corresponderían a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente. Dentro de las mismas se instalarán fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro estará constituido por una conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

El esquema de caja general de protección a utilizar estará en función de las necesidades del suministro solicitado, del tipo de red de alimentación y lo

determinará la empresa suministradora. En el caso de alimentación subterránea, las cajas generales de protección podrán tener prevista la entrada y salida de la línea de distribución.

Las cajas generales de protección cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60439 -1, deben tener grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60439 -3, una vez instaladas deben tener un grado de protección IP43 según UNE 20324 e IK 08 según UNE-EN 50102 y podrán ser precintadas.

Cajas de protección y medida

Para el caso de suministros para un único usuario, como no existe línea general de alimentación, se puede simplificar la instalación colocando en un único elemento la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denomina caja de protección y medida.

- Emplazamiento e instalación

Es aplicable lo indicado en el emplazamiento de la caja general de protección, a menos que no se admite el montaje superficial. Además, los dispositivos de lectura de los equipos de medida tienen que estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m.

- Tipos y características

Las cajas de protección y medida para utilizar corresponden a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración pública competente, en función del número y la naturaleza del suministro. Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60439 -1, deben tener grado de inflamabilidad según se indica en la UNE-EN 60439 -3, una vez instaladas deben tener un grado de protección IP43 según UNE20.324 e IK09 según UNE-EN 50102 y deberán ser precintadas.

La envoltura debe disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura debe ser resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

Instalación de enlace. Línea general de alimentación (ITC-BT-14).

Instalación

El trazado de la línea general de alimentación debe ser lo más corto y rectilíneo posible, y debe discurrir por zonas de uso común.

Cuando se instalen en el interior de tubos, su diámetro en función de la sección del cable a instalar debe ser lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-14.

Las dimensiones de otros tipos de canalizaciones deben permitir la ampliación de la sección de los conductores en un 100%.

En instalaciones de cables aislados y conductores de protección en el interior de tubos enterrados se debe cumplir lo especificado en la ITC-BT-07, excepto lo indicado en esta instrucción. Las uniones de los tubos rígidos serán roscadas o embutidas, de modo que no puedan separarse los extremos.

La línea general de alimentación no puede ir adosada o empotrada en la escalera o zona de uso común cuando estos recintos sean protegidos de conformidad con lo establecido en la NBE-CPI-96. Se deben evitar las curvas, los cambios de dirección y la influencia térmica de otras canalizaciones del edificio. Este conducto debe ser registrable y precintado en cada planta y se establecerán cortafuegos cada tres plantas, como mínimo, y sus paredes deben tener una resistencia al fuego mínima, RF 30. Las dimensiones mínimas del conducto deben ser de 30 x 30 cm y se destinará única y exclusivamente a alojar la línea general de alimentación y el conductor de protección.

Dispositivos de mando y protección. ICP (ITC-BT-17).

Situación

Los dispositivos generales de mando y protección se sitúan lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual del usuario. Si es posible se ubicará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintado. Esta caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, se podrán instalar en cuadros separados y en otros lugares. La altura mínima a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, desde el nivel del suelo será de 1 m.

Composición y características de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición debe ser vertical, se ubicarán en el interior de uno o varios cuadros de distribución de donde partirán los circuitos interiores.

Las envolturas de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20451 y UNE-EN 60439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20324 e IK07 según UNE-EN 50102. La envoltura para el interruptor de control de potencia será precintada y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipos corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.

- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si es necesario. En caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Características principales de los dispositivos de protección.

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.

Los otros interruptores automáticos y diferenciales deberían resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación. La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción ITC-BT-24. Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán de corte omnipolar y deben tener los polos protegidos que correspondan al número de fases del circuito que protegen. Sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen.

Instalaciones interiores o receptores. Prescripciones generales (ITC-BT-19).

Conductores activos

- Sección de conductores. Caída de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 4,5% de la tensión nominal para cualquier circuito de iluminación, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 6,5%. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

- Intensidades máximas admisibles

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20460 -5-523.

En la tabla 1 de la ITC-BT-19 se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40°C y para diferentes métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables. Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, así como para conductores enterrados, consultar la Norma UNE 20460 -5-523.

- Bases de tomas de corriente

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán del tipo indicado en las figuras C2a, C3a o ESB 25-5 de la norma UNE 20315. El tipo indicado en la figura C3a queda reservado para instalaciones en las que se requiera distinguir la fase del neutro, o disponer de una red de tierras específica.

En instalaciones distintas de las indicadas en la ITC-BT-25 para viviendas, además admitirán las bases de toma de corriente indicadas en la serie de normas UNE EN 60.309. Las bases móviles deberían ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1, C2a o C3a de la Norma UNE 20315. Las clavijas utilizadas en los cordones prolongadores deberían ser del tipo indicado en las figuras ESC 10-1b, C2b, C4, C6 o ESB 25-5b.

Las bases de toma de corriente del tipo indicado en las figuras C1a, las ejecuciones fijas de las figuras ESB 10-5 y ESC 10-1, así como las clavijas de las figuras ESB 10-5b y C1b, recogidas en la norma UNE 20315, sólo se podrán comercializar e instalar para reposición de las existentes.

- Conexiones

En ningún caso se permite la unión de conductores mediante conexiones y / o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberían realizarse en el interior de cajas de empalme y / o de derivación excepto en los casos indicados en el apartado 3.1. De la ITC-BT-21. Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm² se deberían conectar por medio de terminales adecuados, de modo que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Instalaciones interiores y receptores. Protección contra sobre intensidades (ITC-BT-22)

Todo circuito está protegido contra los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobre intensidades previsibles.

- Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor debe quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

- Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establece un dispositivo de protección contra cortocircuitos la capacidad de corte del cual ha de estar de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, sin embargo, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra

sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con corte omipolar.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge los aspectos requeridos para los dispositivos de protección.

Norma técnica particular de instalaciones de enlace en baja tensión (NTP-IEBT) del Vademécum.

Es la norma particular de la empresa teóricamente suministradora, en nuestro caso FECSA-ENDESA, y la utilizaremos como complemento del reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) en las ITC-BT que dependan de la empresa suministradora. Nos determinará la correcta elección de:

- Sección mínima del cable general de alimentación.
- Interruptor de control de potencia (ICP).
- Interruptor general automático (IGA).
- Conjunto de medida (CM).
- Protección diferencial.
- Fusible de protección.

11. PRESUPUESTO

En este apartado se procede a calcular el coste de las instalaciones propuestas en este proyecto. Las instalaciones propuestas son la de iluminación, la de incendios, las dos instalaciones solares y la instalación eléctrica.

Cada instalación tiene un coste distinto debido a los recursos necesarios, ya sean materiales o mano de obra.

11.1. COSTE DE LA INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

El coste de la instalación de iluminación para los aseos, los dormitorios, la sala de descanso, la cocina, las áreas de circulación y el desván es el siguiente:

Philips FBS280 3xPL-C/2P26W C			
Luminaria de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 led de 1 W; protección IP 20 y aislamiento clase F, placa de led y convertidor electrónico	Rend.	Precio unitario	Precio partida
	27,00	41,31	1115,37
Material auxiliar para instalación	27,00	0,90	24,30
Oficial 1ª electricista.	0,40	17,82	7,13
Ayudante electricista.	0,40	16,10	6,44
Medios auxiliares	2,00	1153,24	22,22
Costes indirectos	3,00	1175,46	34,00
Coste mantenimiento: 90,44€ en los primeros 10 años.	Total		1209,46

Tabla 11.1. Presupuesto de iluminación debido a la luminaria tipo 1.

El coste de la instalación de iluminación para el aparcamiento es el siguiente:

Philips RC120B W30L120 1XLED37S/840			
Luminaria, de 1594x165x125 mm 120 W, poliéster reforzado con fibra de vidrio, reflector de chapa de acero galvanizado, balasto electrónico y protección IP 65	Rend.	Precio unitario	Precio partida
	3,00	59,79	179,37
Material auxiliar para instalación	3,00	0,90	2,70
Oficial 1ª electricista.	0,30	17,82	5,35
Ayudante electricista.	0,30	16,10	4,83
Medios auxiliares	2,00	192,25	4,09
Costes indirectos	3,00	196,34	6,26
Coste mantenimiento: 90,44€ en los primeros 10 años.	Total		202,60

Tabla 11.2. Presupuesto de iluminación debido a la luminaria tipo 2.

El coste de la instalación de iluminación para la terraza es el siguiente:

Philips CGP431 PC 1xSON-TTP50W OR P9			
Luminaria de 210x120x100 mm, para 1 lámpara incandescente A 60 de 50 W, portalámparas E 27, clase de protección I, grado de protección IP 65, aislamiento F	Rend.	Precio unitario	Precio partida
	6,00	130,12	780,72
Material auxiliar para instalación	6,00	0,90	5,40
Oficial 1ª electricista.	0,15	17,82	2,67
Ayudante electricista.	0,15	16,10	2,42
Medios auxiliares	2,00	791,21	2,75
Costes indirectos	3,00	793,96	4,21
Coste mantenimiento: 90,44€ en los primeros 10 años.	Total		798,17

Tabla 11.3. Presupuesto de iluminación debido a la luminaria tipo 3.

11.2. COSTE DE LA INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Para dimensionar el coste de esta instalación se calcularán los costes individuales de la dotación de protección contra incendios.

Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor.			
Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, según UNE-EN 3	Rend.	Precio unitario	Precio partida
	4,00	41,83	167,32
Peón ordinario construcción	0,1	15,92	1,59
Medios auxiliares	2,00	168,91	0,87
Costes indirectos	3,00	169,78	1,33
Coste mantenimiento: 160,51€ en los primeros 10 años.	Total		171,11

Tabla 11.4. *Presupuesto de la instalación de protección contra incendios.*

11.3. COSTE DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Para dimensionar el coste de la instalación solar térmica se deben calcular los costes de todos los elementos que la componen:

Captador solar térmico para instalación individual			
Captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, para colocación sobre cubierta inclinada, formado por: cuatro paneles de 4640x1930x90 mm en conjunto, rendimiento óptico 0,819; superficie absorbente y conductos de cobre; cubierta protectora de vidrio de 4 mm de espesor; depósito de 500 l	Rend.	Precio unitario	Precio partida
	1,00	4311,84	4311,84
Fijaciones para captador solar térmico de cuatro paneles	1	187,20	187,20
Solución agua-glicol para relleno de captador solar térmico, para una temperatura de -28°C a +200°C.	5,44	4	21,76
Bomba UPS 25-40 A	1	647,59	647,59
Tanque de ACS	1	1121,83	1121,83
Tuberías	515	0,30	154,5
Oficial 1ª instalador de captadores solares	6,4	17,82	114,05
Ayudante instalador de captadores solares	6,4	16,10	103,04
Medios auxiliares	2,00	6661,81	94,76
Costes indirectos	3,00	6756,57	144,98
Coste mantenimiento: 160,51€ en los primeros 10 años.	Total		6901,55

Tabla 11.5. Presupuesto de la instalación solar térmica.

11.4. COSTE DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA Y ELÉCTRICA

Para dimensionar el coste de la instalación solar térmica se deben calcular los costes de todos los elementos que la componen:

Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino			
Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 260 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 21 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 5,24 A, intensidad de cortocircuito (Isc) 5,72 A, tensión en circuito abierto (Voc) 25,2 V, eficiencia 14%, dimensiones 1600x1300x10 mm, peso 52 kg	Rend.	Precio unitario	Precio partida
	10,00	364,65	3646,50
Regulador	2,00	589,84	1179,68
Inversor fotovoltaico	1,00	1950,98	1950,98
Cableado eléctrico	200,00	54,55	10910,43
	17	6,17	104,89
	15	0,4	6
Repercusión por m ² de accesorios de montaje	6	187,20	1123,2
Repercusión por m ² de material eléctrico	0,4	4	21,76
Oficial 1ª instalador de captadores solares	0,4	17,82	7,15
Ayudante instalador de captadores solares	6,4	16,10	6,46
Medios auxiliares	2,00	18957,05	8,83
Costes indirectos	3,00	18965,88	13,50
Coste mantenimiento: 160,51€ en los primeros 10 años.	Total		18979,38

Tabla 11.6. Presupuesto de la instalación solar fotovoltaica y eléctrica.

11.5. COSTE DEL INGENIERO

El coste del ingeniero depende de las horas de trabajo que se hayan dedicado al desarrollo del proyecto. En este proyecto el ingeniero ha invertido un total 580 horas, conocido este valor, y el precio de contratar un ingeniero júnior, se puede determinar el presupuesto final:

$$C_{ing} = p_{ing} \times t = 25 \frac{\text{€}}{h} \times 580h = 14500\text{€}$$

En el gráfico que se muestra a continuación se puede ver la evolución de las horas destinadas a la realización de este proyecto:

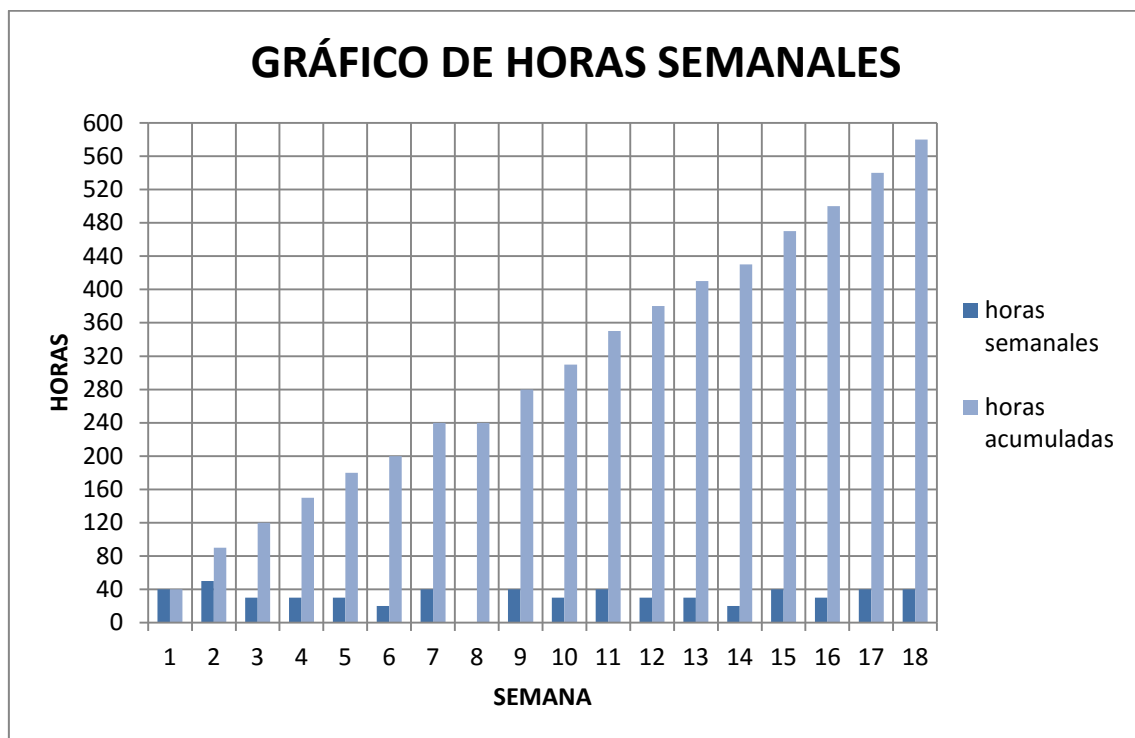


Figura 11.1. Horas semanales y acumuladas dedicadas al desarrollo del proyecto.

11.6. RESUMEN PRESUPUESTO

A continuación se muestran los costes estimados de cada instalación y el presupuesto total necesario previsto:

INSTALACIÓN	PRESUPUESTO
Iluminación	2.210,23 €
Protección contra incendios	171,11 €
Solar térmica	6.901,55 €
Solar fotovoltaica y eléctrica	18979,38 €
Ingeniero	14.500 €
Total	42.762,27 €

Tabla 11.7. *Presupuesto final de la vivienda.*

11. CONCLUSIONES

Este proyecto ha permitido aumentar los conocimientos sobre instalaciones exteriores e interiores en viviendas unifamiliares. Para la realización de este proyecto se han usado diferentes herramientas de internet propuestas en asignaturas anteriores, las cuales facilitan el trabajo y la comprensión de este. De estos recursos también se ha podido obtener toda la normativa necesaria además de los procedimientos y cálculos a seguir para la correcta realización del proyecto.

Referente a la instalación de protección contra incendios destacar la influencia del Código Técnico de Edificación (CTE). Eso se debe a que el edificio estudiado es una vivienda unifamiliar y el CTE se encarga del dimensionado de instalaciones como esta, entre otras. El correcto dimensionamiento de la instalación es muy importante, ya que la dotación de sistemas de protección contra incendios no sólo protege en caso de incendio sino que contribuye a evitar que se produzcan. Esta instalación es prioritaria ya que está destinada, de manera directa, a la protección de los individuos que se encuentran en el recinto.

En cuanto a la iluminación comentar que se ha intentado orientar la instalación hacia una mejora en la eficiencia energética y una contribución a la consciencia medioambiental colectiva. Destacar que se han requerido diferentes tipos de luminaria para los distintos procesos desarrollados en la vivienda, siguiendo la normativa en cuestión, aunque en la gran mayoría se han utilizado luminarias downlight. Como se ha podido comprobar en el estudio del presupuesto el coste de esta instalación es significativamente elevado, pero al ser su vida útil superior a la media se asegura la amortización de la inversión.

En el dimensionado de la instalación eléctrica se ha intentado realizar una previsión de cargas lo más real posible y tal y como se puede visualizar en los planos, todos los elementos se han ubicado en lugares fácilmente accesibles por el personal para facilitar las tareas de instalación y mantenimiento. Además, la adecuada distribución de cargas en las líneas permitirá, durante el funcionamiento, tener todas las líneas equilibradas para reducir las pérdidas en los conductores y en el cálculo se han dimensionado los conductores con las mínimas secciones posibles para conseguir una instalación eficiente económicamente.

Las instalaciones solares térmica y fotovoltaica se encargan de cubrir los consumos de ACS y electricidad de la vivienda. Estas instalaciones tienen un coste elevado pero aseguran una independencia de la red eléctrica y del aprovisionamiento de agua caliente sanitaria. A pesar de ser una vivienda unifamiliar el dimensionado de los campos solares es bastante significativo, 14 paneles solares entre ACS y electricidad, eso se debe a la previsión de días de autonomía mínimos. Otras opciones viables podrían ser elementos como la mini eólica o la termoeólica para producción de electricidad y ACS.

Por último destacar cuán elevado es el presupuesto necesario para instalar todos los sistemas propuestos. Hay que destacar que la luminaria escogida es de una de las mejores marcas (Philips) y son bastante caras y también es muy caro el transporte de electricidad y ACS desde el campo solar hasta la vivienda. Esto último se debe a que Todoletlla tiene un Plan General de Ordenación Urbana que protege el núcleo histórico, donde se encuentra la vivienda objeto de estudio. Las ordenanzas municipales tienen previsto establecer la protección de las zonas

urbanas en orden de mantener la estética de la localidad, y las placas y colectores solares podrían afectar a dicha estética. Una instalación más cercana reduciría en unos 10000€ los costes debidos al transporte.

12. BIBLIOGRAFÍA

- (IET), Institute for Energy and Transport. Join Research Centre. s.f.
<<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>.
- AENOR. «Instalaciones eléctricas de edificios. Selección e instalación de materiales eléctricos.»
UNE 20460-5-523-1994. 1994.
- «Documento Básico HE Ahorro de Energía.» DB HE. 2013.
- E. Incendis, S. Direcció General de Prevenció. «Fitxa d'Aplicació CTE. Condicions de Protecció
Contra Incendis.» 2007.
- Eco, WICU. KME Copper Cable. s.f.
<http://www.kme.com/es/wicu_eco_el_tubo_de_cobre_preaislado_en_una_espuma_de_poliuretano>.
- ENDESA. Endesa. s.f. <<http://www.endesaonline.com/ES/Hogares/>>.
- ENDESA, FECSA -. «Vademécum Fecsa-Endesa.» Guía Técnica para instalaciones. 2015.
- FAGOR. Acumuladores Fagor. s.f.
<http://issuu.com/fontyreg/docs/fagor_tarifa__2010_1_/33>.
- Generador de Precios. s.f. <<http://www.generadordeprecios.info/>>.
- Industria, E. M. «CTE DB SI Seguridad en caso de incendio.» DB. 2006.
- «Instrucción Técnica Complementaria sobre Extintores de Incendios.» ITC MIE AP5. 1989.
- Monsolar. Monsolar Sharp ND-R245-A5 245 W. s.f. <<http://www.monsolar.com/panel-solar-policristalino-sharp-nd-r245-a5-245w.html>>.
- «Normas UNE de protección contra incendios.» BOE. 2005-2006, 2010.
- «Normativa Iluminación EN 12464-1.» Norma Europea. 2002.
- Power, Green. Ambgreenpower Wolf TopSon CFK-1. s.f.
<http://www.ambgreenpower.com/default.aspx?info=000039&idArticulo=ESTCOL0005&NombrePagina=captador_solar_5>.
- «Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.» BOE. 2015.
- SunFields, Europe. SFE-SOLAR. s.f. <<http://www.sfe-solar.com/distribucion-venta-modulos-fotovoltaicos/sharp/panel-solar-sharp-nd-r245a5/>>.
- Vivienda, M. D. E. «Criterios para la interpretación y aplicación de los Documentos Básicos del
Código Técnico de la Edificación: DB SI - Seguridad en caso de incendio DB SU -
Seguridad de utilización.» Guía DB. 2009.